وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل

الأسمدة وخصوبة التربة

الدكتور
سعد الله نجم عبد الله النعيمي

الطبعة الثانية
طبعة منقحة ومزيدة

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل

Rana

الاسمدة وخصوبة التربة

تأليف

الدكتور سعد الله نجم عبدالله النعيمي

أستاذ / خصوبة التربة وتغذية النبات ,
كلية الزراعة والغابات

الطبعة الثانية
١٩٩٩
طبعة منقحة ومزيدة

حقوق الطبع ⓒ محفوظة (١٤٢٠ هـ - ١٩٩٩ م)
لدار الكتب للطباعة والنشر
الموصل

لايجوز تصوير أو نقل او اعادة مادة الكتاب
وبأي شكل من الاشكال الا بعد موافقة الناشر

نشر وطبع وتوزيع
دار الكتب للطباعة والنشر - الموصل
شارع ابن الاثير - الموصل
هاتف ٧٦٢٢٣١
٧٦٣٢٣٥
تلكس ٨٠٩٣

المحتويات

بسم الله الرحمن الرحيم

التقديم

ان تعريف التعليم بمراحله المختلفة بمثابة نافذة كبيرة لابناء الوطن لرؤية ماوصلته الانسانية من تقدم في العلوم والمعرفة وبالتالي دعم المسيرة العلمية المستمرة لابناء الشعب العربي بما يخدم الحياة ويطورها.

كتاب الاسمدة وخصوبة التربة المنقح الذي أقدمه لطلبتنا الاعزاء في كليات الزراعة العراقية ككتاب منهجي والى من لهم علاقة بالعلوم الزراعية هو ثمرة جهود متواضعة جاءت حرصاً مني على أهميته بالنسبة للطلبة يستعان به عند الدراسة ، وهو في الوقت نفسه اضافة للمكتبة العربية.

لايسعني هنا الا ان اقدم شكري الى كل من ساعد في اخراج هذا الكتاب ، كما أعرب عن شكري وامتناني لجامعة الموصل وكافة الاخوة العاملين في مديرية مطبعة الجامعة لما بذلوه من جهود مشكورة في انجاز طباعة الكتاب.

ارجو ان اكون وفقت في المساهمة في عملية التعريب الجارية في القطر وأمل ان تستثمر هذه العملية المفيدة على ايدي الغيارى من ابناء قطرنا العزيز... والله الموفق..

المؤلف ١٩٩٩

نبذة عن حياة المؤلف

- الدكتور سعدالله نجم عبدالله النعيمي
- من مواليد مدينة الموصل عام ١٩٤٩
- حصل على البكالوريوس في الزراعة / كلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل عام ١٩٧١ - ١٩٧٢ .
- عمل معيداً في قسم علوم التربة / كلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل للعام ١٩٧٣ - ١٩٧٥ .
- حصل على شهادة الماجستير في التربة (خصوبة التربة وتغذية النبات) من جامعة ميزوري / الولايات المتحدة الاميركية ١٩٧٦ .
- حصل على شهادة الدكتوراه في التربة (خصوبة التربة وتغذية النبات) من جامعة ميزوري / الولايات المتحدة الاميركية ١٩٨٠ .
- عمل كمدرس في كلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل عام ١٩٨٠ .
- حصل على الدرجة العلمية استاذ مساعد عام ١٩٨٤ .
- حصل على الدرجة العلمية استاذ عام ١٩٩٠ .
- شارك في العديد من المؤتمرات والندوات العلمية داخل القطر.
- اشرف على ستة عشر من طلبة الدراسات العليا ، وساهم في تدريس طلبة الدراسات الاولية والعليا.
- نشر ٦٥ بحثاً علمياً في اختصاصه ، اضافة الى نشر مقالات علمية عديدة في المجلات والصحف العراقية .
- قام بترجمة كتاب مبادىء تغذية النبات عام ١٩٨٤ .
- قام بتأليف كتاب علاقة التربة بالماء والنبات عام ١٩٩٠ .
- تقلد مناصب ادارية عديدة منها مساعد رئيس للجامعة للفترة من ١٩٩٢ - ١٩٩٦ عميداً لكلية الزراعة والغابات ابتداءاً من ١٩٩٦ ولحد الآن .

الفصل الأول

1.0 خصوبة التربة والتسميد

نشأة العلم ، تطوره ومفهومه

ان مانعرفه اليوم عن علم خصوبة التربة وتسميد النبات وما وصل اليه من التطور في فروعه واهتماماته كافة هو في الواقع حصيلة ونتيجة عمل دؤوب وصعب لفترة زمنية طويلة.

لقد بدأ الانسان يفكر باعادة الخصوبة الى التربة بعد ان وجد بالتجربة ان بعض الترب تضعف قدرتها الانتاجية بسبب الزراعة المتوالية والمستمرة لسنين متعددة ، وذلك عن طريق اضافة بقايا النباتات ومخلفات الحيوان لها . أما اين ومتى بوشر باستعمال هذه المواد لزيادة خصوبة التربة لزيادة انتاجيتها فالحق انه لم يعرف ولم يحدد ولكن ذكرت عدد من المراجع القديمة التي يرجع تاريخها الى ٣٠٠-٤٠٠ سنة قبل الميلاد. ان استعمال او اضافة مخلفات الحيوان يؤديان الى زيادة الانتاج ، ولوحظ ايضاً في هذه الفترة الزمنية ان اضافة المواد العضوية والرماد والجبس وزراعة النباتات البقولية تزيد من انتاجية التربة. كذلك اشارت الملحمة اليونانية والمعروفة باسم الادريسية (٧٠٠-٩٠٠ سنة قبل الميلاد) الى استعمال الاسمدة الحيوانية للاغراض الزراعية وزيادة خصوبة التربة.

لقد بدأ الباحثون الاوائل بالبحث عن المادة الاساس للنمو حتى يعزوا اليها ظاهرة خصوبة الترب ونمو النباتات . في القرن السابع عشر بعد الميلاد ذكر الباحث Francis Bacon خلال الفترة (١٥٦١ - ١٦٢٤) بأن الماء هو عنصر التغذية الاساس في النباتات وان فائدة ووظيفة التربة هي اسناد النباتات وبقائها قائمة فيها وحمايتها والمحافظة عليها من الحر او البرد الشديدين . كذلك اعتقد من قبل هذا الباحث ايضاً بان النبات يتلقى عصيراً خاصاً لازماً لنموه من التربة لاتمام دورة حياته . واما الباحث Van Helmont وخلال نفس الفترة الزمنية (١٥٧٧ - ١٦٤٤) فكان ينظر الى الماء بأنه المادة الغذائية الرئيسة والوحيدة للنبات وهذا ماسجله بتجربته المشهورة التي اجراها في بروكسل والتي قام فيها بزراعة شجرة صفصاف Willow Tree تزن ٢,٢٧ كغم في اناء يحتوي على ٩٠,٨ كغم من التربة وكان قد اخذ جميع الاجراءات الكافية في ضبط الماء للشجرة وذلك عن طريق منع وصول اية

نوعية من المياه اليها ماعدا ماء المطر او الماء المقطر ولمدة خمس سنوات . وبعد ٥ سنوات وجد ان وزن تلك الشجرة قد وصل الى ٧٦,٨٢ كغم ولاحظ ايضاً ان التربة المستعملة قد فقدت من وزنها ٥٦,٧ غرام وقد عزا هذا النقص بالتربة الى الخطأ التجريبي وليس الى سبب آخر ، ومن هذا استنتج بأن المادة الوحيدة التي استعملت لغذاء الشجرة هي الماء ، ولكن كما نعلم الان هناك خطأ واضح في هذا الاستنتاج وذلك لوجود عوامل كثيرة ساعدت في زيادة وزن الشجرة ومنها الهواء والعناصر الغذائية المختلفة الموجودة في التربة . ولكن لايفوتنا بأن مثل هذه التجارب قد اجريت في زمن لم يعرف الانسان فيه شيئاً عن عملية التركيب الضوئي او عن العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات .

بعد Van Helmont جاء العالم الالماني J.R. Glauber وذلك خلال الفترة التي من (١٦٠٤—١٦٦٨) وكان يعتقد ان ملح بيتر Salt peter الذي هو نترات البوتاسيوم (KNO_3) هو الاساس في غذاء النبات وليس الماء . فقد بنى استنتاجه على ملاحظته لهذا الملح في افرازات الحيوان وعلى ذلك فمصدر هذا الملح الاساس هو غذاء الماشية (العلف الاخضر او بقايا نباتات الحقل) الذي احتوى على هذا الملح بقدر. وقد وجد هذا العالم الكيمياوي ان اضافة هذا الملح الى النباتات بمقادير مناسبة ادى زيادة نمو النباتات ، واوضح بالاضافة الى ذلك ان ملح بيتر يمكن ان يستخلص من التربة او من حظائر الماشية ، وان خصوبة التربة تعود الى وجود هذا الملح . ولقد أيد العالم الانكليزي (J. Mayo) خلال الفترة التي من (١٦٤٣—١٦٧٩) ماجاء به Glauber واوضح ان الترب تحتوي على النترات في فصل الربيع وذلك عندما تكون النباتات على وشك النمو لاعندما يكون النمو على اشده . اذ في هذا الطور من النمو للنباتات تكون هذه النباتات قد امتصت كل نترات التربة . اما العالم J. Woodward فقد وضح في نهاية القرن السابع عشر بأنه لابد من وجود مادة اخرى غير الماء لها تأثير كبير في عملية نمو النباتات ، فوجد مثلاً بأن الماء الذي ترج به تربة الحدائق افضل من ماء المطر او مياه الانهر في تغذية النبات ، واستنتج بأن غذاء النبات لم يكن الماء وحده وانما المادة الارضية .

وفي القرن الثامن عشر ظهر الكثير من العلماء المشتغلين بخصوبة التربة وتغذية النبات وحاولوا الكشف عن جانب من الغموض الذي يحيط بتغذية النبات وعلاقة ذلك بخصوبة التربة ومحتواها من العناصر الغذائية . وقد حالف بعضهم النجاح ولم يحالف البعض الآخر إذ كان سيء الحظ في اعطاء التفسيرات للتجارب التي قاموا بها . ومن العلماء الذين اشتهروا في القرن الثامن عشر في انكلترا وذلك خلال الفترة التي من (١٧٤١—١٨٢٠) العالم Arthur Young الذي حاول التعرف على العناصر الغذائية التي تزيد من حاصل

النباتات ، فقد قام هذا الباحث بزراعة بذور الشعير في سنادين فخارية واضاف اليها مواد مختلفة كلا على انفراد مثل : الفحم ، ومخلفات الدواجن ومسحوق البارود ، واصداف القواقع ، القطران والشورة ، واستنتج ان بعض هذه المواد ذو مردود ايجابي ، إذ ظهر زيادة بنمو نبات الشعير ، وان البعض الاخر ذو مردود غير ايجابي ،لانها ادت الى اعاقة نمو بادرات نبات الشعير. ويعد هذا العالم كاتباً جيداً في الامور الزراعية آنذاك ، إذ قام بنشر ٤٦ جزءاً من النشرات الزراعية الدورية التي اكتسبت قيمة علمية جيدة وكان لها اثر كبير في زراعة انكلترا .

كان الاعتقاد والانطباع السائد لدى العديد من باحثي القرن السابع عشر والثامن عشر بأن النبات يتكون من مادة واحدة وكانت معظم بحوثهم منصبة على معرفة العوامل المؤثرة في نمو وتغذية النبات ، الى ان جاء الباحث Francis Home في سنة ١٧٥٧ م واشار بعد اجرائه عدداً من البحوث بمساعدة جمعية ادنبرة لتشجيع الفنون والصناعات بانه لاصحة للدعوى بان النبات يتكون من مادة واحدة اساس ، بل هناك كثير من المواد المسؤولة عن نمو وتكون النبات ، ومن هذه المواد : —

١ — الهواء
٢ — الماء
٣ — التربة
٤ — الاملاح
٥ — الزيت
٦ — النار في الحالة الثابتة

ولقد وضح هذا الباحث الانكليزي بأن المشاكل الزراعية الرئيسة هي مشاكل تغذية النبات وقام بوضع طرق كيمياوية لتحليل النبات . كانت اعمال Francis Home تقدماً كبيراً عما سبقه لا لانه اوضح ان تغذية النبات تتوقف على عدة عوامل وليس الماء وحده فحسب ، بل لانه اوضح كذلك ان هناك طرقاً متعددة يمكن اتباعها في دراسة العوامل المؤثرة على نمو النبات والتي منها تجارب السنادين والتحليلات الكيمياوية. وفي عام ١٧٦١ م قام العالم السويدي Wallerious بتحليل كثير من النباتات لمعرفة المواد التي تتغذى عليها هذه النباتات وتوصل الى ان الدبال هو مصدر غذاء النبات واطلق عليه اسم Nutritiva وان مكونات التربة الاخرى تعد اداة لايصال المواد الغذائية للنبات . وفي عام ١٧٩٥ م اضاف الباحث Earl Dundonald الى قائمة المواد التي تغذى النبات مادة

الفوسفات القلوية ، ونشر كتاباً يضم معلومات كثيرة عن الزراعة منها الطرق التي تتبع في استعمال الاسمدة المختلفة والجير والدبال واهميتها في استصلاح التربة وكذلك معلومات موجزة عن عدد من الاملاح ودورها في تغذية النبات. لقد ادى اكتشاف Joseph Priestley للاوكسجين في سنة ١٧٧٥ م الى كشف الكثير من الغموض فيما يتعلق بحياة النبات ، واصبح هذا الاكتشاف مفتاحاً لكثير من البحوث والدراسات التي اضافت الكثير الكثير الى علوم خصوبة التربة وتغذية النبات ، إذ اشار الباحث Jan Ingenhousz (١٧٣٠ – ١٧٩٩) الى ان تنقية الهواء تحصل بوجود الضوء وبدون الضوء لايكون الهواء نقياً ، وكذلك وضح الباحث Jean Senebier بعد اكتشاف الاوكسجين بأن زيادة وزن شجرة Van Helmont يعود الى تأثير الهواء. كذلك اشار هذا الباحث بعد دراسته للمادة العضوية في النبات الى وجود علاقة بين مايخرجه النبات من اوكسجين ووجود ثاني اوكسيد الكربون في النبات.

وفي مطلع القرن التاسع عشر (١٨٠٤ م) وضح الباحث Theodore desaussure ان جزء كبير من النباتات يتكون من مادة قد اشتقت من الهواء ، وكذلك حلل النبات تحليلاً دقيقاً واستنتج بأن المادة المعدنية الموجودة داخل النبات لاتوجد عرضاً داخله وانما يستفيد منها. ووضح هذا الباحث السويسري ايضاً ، عند دراسته للدبال وعلاقته بحياة النبات ، بأن للدبال فائدة كبيرة للنبات ، اذ انه يحتوي على نفس المركبات التي توجد بالنبات وعلى هذا فان النبات يستطيع ان يتناوله من التربة غذاء له. وقام هذا الباحث ايضاً ببحوث تتعلق بتأثير الهواء على النبات ووجد بأن النبات يمتص الاوكسجين ويحرر ثاني اوكسيد الكربون ، وهذه العملية هي اساس حقيقة التنفس ، وكذلك لاحظ بأن النبات يستعمل ثاني اوكسيد الكربون ويحرر الاوكسجين بوجود الضوء. واشار ايضاً في حالة حجب ثاني اوكسيد الكربون عن النبات انه يموت. في سنة ١٨١٣ اشار الباحث Sir Humphrey Davy الى استعمال النفط في الزراعة سماداً لها وذلك لاحتوائه على الكاربون والهيدروجين.

وعند منتصف القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين حدث تقدم ملحوظ في تفهم تغذية النبات وتسميد النباتات ، ومن مشاهير الباحثين خلال هذه الفترة الباحث الزراعي الفرنسي J.B Boussingault خلال الاعوام ١٨٠٢ – ١٨٨٢ . ويعد هذا العالم اول من اسس معملاً في مزرعة واول من قام بتجارب عملية حقلية. فمن التجارب التي قام بها هي تحليل محاصيل دورات زراعية لمعرفة مايأخذه النبات من عناصر غذائية ، وتحليل السماد الحيواني لمعرفة العناصر التي امد بها النبات. ومن حساب الفرق امكنه التعرف على

كمية المواد التي امتصها النبات من التربة والهواء وماء المطر. في هذه الفترة ايضاً ظهرت نتائج العالم الالماني Justus Von liebig وذلك خلال الاعوام ١٨٠٣–١٨٧٣ ، وتعتبر نتائج هذا العالم الكيمياوي والتي نشرت في ١٨٤٠ بحق سبباً في احداث تغيير كبير في معظم المعلومات السابقة. وقد اوضح استناداً الى ابحاثه كثيراً من المعلومات عن تغذية النبات وكان اهمها : –

١– معظم الكاربون في النبات يأتي عن طريق ثاني اوكسيد الكربون الجوي.
٢– مصدر محتوى النبات من الهيدروجين والاوكسجين هو الماء.
٣– هناك حاجة للمعادن القلوية لمعادلة الحوامض المتكونة بواسطة النبات نتيجة عملياته الحيوية.
٤– الفسفور ضروري في تكوين الحبوب.
٥– لايميز النبات بين العناصر عند امتصاصها ولكنه يقوم بفرز غير الضروري منها عن طريق الجذور.

ليس كل ماعتقده العالم Liebig وكذلك ليس كل افكاره كانت صحيحة. لقد اعتقد بان حامض الخليك يفرز من قبل جذور النبات ، ولقد ظن ايضاً بان النبات يمتص النتروجين على شكل امونيوم (NH_4^+) فقط وهذا مصدره التربة او الاسمدة الحيوانية او الهواء.

ولقد وضع هذا العالم قانون الحد الادنى Law of the minimum الذي يوضح العلاقة بين نمو النبات والعناصر الغذائية المتيسرة للامتصاص من قبل النبات ، وملخص هذا القانون (ان العامل المحدد لنمو النبات هو العنصر الغذائي الموجود بكميات قليلة وبقية العناصر الغذائية متواجدة بكميات مناسبة لاحتياج النبات).

من هذا يتضح اهمية اعمال هذا العالم وما اضفاه من معلومات قيمة في علوم تغذية النبات التي لايزال الكثير منها حقيقة قائمة على الرغم من بعض الاخطاء التي سجلت عليها ، ولكنه يعد بحق ابا الكيمياء الزراعية.

بعد نشر نتائج العالم Liebig بوقت قليل بدأت سلسلة من التجارب الهامة اذ تأسست سنة ١٨٤٣ اولى محطات التجارب الزراعية في انكلترا وعرفت Agricultural experiment station at Rothamsted ، وقد قام الباحثان J. H. Gilbert و J.B. Lawes بتجارب عديدة في الحقل التابع لهذه المحطة وتوصلا الى نتائج مهمة بعد ١٢ سنة من تأسيس محطة الابحاث الزراعية ، ومن اهم هذه النتائج التي توصلا اليها هي :

١ – المحاصيل الحقلية تحتاج الى فسفور وبوتاسيوم لنموها ، وان تركيب رماد النبات ليس قاعدة اساساً لمعرفة احتياج النبات من هذين العنصرين.

٢ – المحاصيل غير البقولية تحتاج للنتروجين وبدون هذا العنصر لايمكن الحصول على نمو للنباتات ، حتى ولو كان هناك كميات من الفسفور والبوتاسيوم ، اما كميات الامونيا التي تأتي من الجو غير كافية لسد احتياجات المحاصيل لهذا العنصر.

٣ – خصوبة التربة يمكن المحافظة عليها لعدد من السنين وذلك عن طريق اضافة الاسمدة الكيمياوية .

٤ – التأثير الايجابي لعملية التبوير Fallow في الزراعة يكون عن طريق زيادة جاهزية المركبات النتروجينية في التربة .

وظهر في الولايات المتحدة الامريكية خلال الفترة ١٨٢٥ الى ١٨٤٥ العالم Edmond Ruffin في ولاية فرجينيا ، وعد اول من استعمل كاربونات الكالسيوم في المناطق الرطبة للتعويض عن العناصر الغذائية التي تفقد عن طريق عمليات غسل التربة بمياه الامطار، وعن طريق امتصاصها من قبل النبات .

بدأ المشتغلون بكيمياء وخصوبة التربة والتسميد عند نهاية القرن التاسع عشر بالتعرف والتوصل الى طريقة ما تمكنهم من تقدير خصوبة التربة وكان الهدف من هذه الدراسات معرفة احتياج التربة للعناصر الغذائية في حالة تعرضها لحالة نقص باحد العناصر الغذائية.

ومن العلماء الذين اشتهروا في هذا المجال العالم الانكليزي Thomas way في سنة ١٨٥٢. إذ اشار هذا العالم الى ظاهرة تبادل الكاتيونات التي تحدث في اجزاء التربة الدقيقة والتي يمكن ان تكون الطريق الاصوب لمعرفة مقدار ماتحتويه التربة من عناصر غذائية. وفي هذا المجال اشتهر العالم B.Dyer في سنة ١٨٩٤ حيث استعمل حامض الستريك ١٪ من اجل أستخلاص الجزء الجاهز من العناصر الغذائية. في عام ١٩٣٠ استخدم العالم الالماني Koenig نفس محلول Dyer لتقدير كمية الفسفور والبوتاسيوم الجاهزة في التربة. وفي سنة ١٩٣٢ اقترح العالم M.F.Morgan استعمال محلول حامضي من خلات الصوديوم لاستخلاص الانيونات والكاتيونات الجاهزة كغذاء للنبات. وكذلك ظهر باحثون آخرون في وضع المحاليل لاستخلاص العناصر الغذائية ومن اهمهم E.Truog و Baver و Spurway. وفي نفس هذه الفترة ظهر في امريكا العالم E.W. Hilgard خلال الفترة الزمنية في ١٨٣٣ – ١٩١٦ واستعمل حامض الهيدروكلوريك في عملية استخلاص العناصر الغذائية.

وفي نفس الفترة ظهرت في المانيا طرق اخرى لتقدير احتياجات التربة من العناصر الغذائية وذلك عن طريق زراعة النباتات في سنادين وفي وزن معين من التربة وتقدر في هذه الطرق كميات العناصر الغذائية التي تمتصها بادرات النبات وكذلك حاصل المادة الجافة أساساً لتقدير مدى احتياج النبات للعناصر الغذائية وللتوصية بالتسميد من عدمه. ومن اهم هذه الطرق طريقة (H. Neubauer and W. Schneider) وكان هذا في عام ١٩٢٣. وطريقة E.A. Mitschelich عام ١٩٣٠.

في بحوث النتروجين استمر الغموض الى مابعد ١٨٧٠ إذ وجد بعد ذلك عدد من العلماء ان بعض المحاصيل البقولية تنمو احياناً نمواً جيداً في الترب غير المضاف اليها النتروجين اما بالنسبة للمحاصيل غير البقولية فانها لاتنمو بصورة جيدة في الترب التي لاتحتوي على كميات مناسبة من النتروجين. وفي سنة ١٨٧٨ القي بعض الضوء على هذا الغموض ، اذ وجد علماء التربة الفرنسيون وهم Theodore Schloessing و Alfred Muntz بأن التربة تحتوي على احياء دقيقة (بكتريا) لها علاقة بعملية التأزت Nitrification. العالم الانكليزي R.Warrington وضح بأن عملية التأزت تحصل بخطوتين. الخطوة الاولى هي تحول الامونيا الى نتريت والخطوة الثانية تحول النتريت الى نترات ولكنه لم يستطيع عزل البكتريا المتخصصة بعملية التأزت. ولكن جاء العالم S. Winogradsky واستطاع ان يقوم بعزل البكتريا المتخصصة بعملية التأزت واشار الى ان هذه البكتريا هي بكتريا ذاتية التغذية Autotrophic وتحصل على الكاربون من ثاني اوكسيد الكربون الموجود في الجو. في سنة ١٨٨٦ استنتج العالمان الالمانيان Hellriegel and Wifarth بأن المحاصيل البقولية تحتوي على بكتريا في عقد جذرية قادرة على تثبيت نتروجين الجو في التربة وتحوله الى نيتروجين جاهز للاستعمال من لدن النبات.

لقد أضاف العلماء الاميركان اكتشافات اخرى للعلوم الزراعية وخاصة في تحليل التربة وتقدير خصوبتها. إذ ظهرت النظريات التي اصبحت فيما بعد ثابتة تقريباً. ومن الاكتشافات المهمة هو ان العناصر الغذائية اللازمة لدورة نمو النبات موجودة في التربة بصورتين هما العناصر الاولية وغير المتحللة (undecomposed primary minerals) والعناصر الثانوية الجاهزة للامتصاص من لدن النبات Secondary minerals ومن الذين اشتغلوا في علوم الكيمياء وخصوبة التربة في اوائل القرن العشرين في الولايات المتحدة العالم G.Hopkins و MiltonWhitney اذ اعتقد الاول ان العناصر الغذائية الموجودة في

التربة في حالة استنزاف وتقترب من الانعدام عن طريق نقصها المستمر وذلك لاستعمال النبات لها. وأما Whitney فاعتقد عكس ذلك وهو كون العناصر الغذائية التي تجهزها التربة للنبات غير قابلة للنفوذ. وقد أدى هذا التناقض بالآراء الى قيام بحوث وتجارب لاثبات الحقائق العلمية للبحوث الزراعية من لدن كثير من الباحثين الذين ينتمون الى بلاد مختلفة. في القرن العشرين تم الحصول على معلومات كثيرة ومختلفة ادت الى تقدم وتطور العلوم الزراعية. ويبدأ في هذا القرن تفهم مشاكل التربة وما له من علاقة بخصوبتها وتغذية النباتات المختلفة النامية فيها. ويلاحظ في الخمسين سنة الاخيرة استعمال الاسمدة الكيمياوية بكميات متزايدة وازداد ايضاً إقبال الفلاحين عليها لغرض اعادة الخصوبة للتربة لتحقيق انتاج اعلى. وازدهرت ايضاً في القرن العشرين ظاهرة بناء المصانع الضخمة لانتاج الاسمدة الكيمياوية المختلفة الصلبة والسائلة. ويشمل هذا الازدهار والتطور في استعمال الاسمدة الكيمياوية المختلفة القطر ايضاً.

الفصل الثاني

2.0 النمو والعوامل التي تؤثر فيه

2.1 النمو وعلاقته بالزمن

تختلف الترب من حيث قابليتها على الانتاج وذلك بسبب اختلاف نوعيتها ومادة الاصل المكونة لها. هذه الانتاجية للتربة قد تضعف نتيجة استعمال او نفاذ جزء من العناصر الغذائية الموجودة فيها. فيقل انتاجها او يضعف. وفي هذه الحالة يمكن استعادة خصوبة الارض وزيادة انتاجها باضافة الاسمدة اليها. وهنا يمكن تقسيم الترب من حيث قابليتها على الانتاج الى :-

١- ترب ذات قابلية انتاجية ذاتية
٢- ترب ذات قابلية انتاجية مضافة.
٣- ترب ذات قابلية انتاجية ذاتية ومضافة.

ان الترب ذات القابلية الانتاجية الذاتية تتصف بخصوبتها الطبيعية الناتجة عن غنى مادتها الاصلية المتكونة منها بالعناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات. ومثل هذه الترب تسمى الترب الغنية بغذاء النبات وتكون مقدرتها الانتاجية عالية اذا ماتوفرت بقية الظروف والعوامل المتعلقة بنمو النبات بصورة ملائمة لنموه. اما الترب ذات القابلية الانتاجية المضافة فتكون ذات درجة خصوبة غير طبيعية ناتجة عن اضافة الاسمدة الكيمياوية والعضوية اليها لسد حاجة النبات من العناصر الغذائية الضرورية. ومثل هذه الترب تسمى بالترب الفقيرة بمحتواها من الغذاء وذلك بسبب فقر مادة الاصل المكونة لها الى العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات. ومقدرة هذه الترب على الانتاج منخفضة في حالة عدم اضافة الاسمدة لها. والترب ذات القابلية الانتاجية الذاتية والمضافة تكون ذات درجة خصوبة متوسطة وهي ليست بالترب الغنية او الفقيرة. وتحتاج الى كمية قليلة من الاسمدة لاغناء محتواها من العناصر الغذائية الضرورية مقارنة بالترب الفقيرة. ومقدرة هذه النوعية من الترب على الانتاج اقل من مقدرة الترب الغنية في حالة عدم اضافة الاسمدة لها.

الانتاج النباتي هو محصلة لنمو المحاصيل وعليه فان النمو يتناسب طردياً مع كمية الحاصل النهائي فاذا كان النمو جيداً فالحاصل يكون جيداً ايضاً من حيث الكمية. ويمكن تعريف النمو بكونه ظاهرة الكائن الحي نتيجة لتأثير عوامل النمو البيئية المحيطة والوراثية. ويمكن أن يعبر عن النمو بطرق متعددة ومقاييس مختلفة ، اذ يمكن استعمال الوزن العام للمادة الجافة مثلاً دلالة على نمو النبات ودرجة تطوره كما تستعمل طرق اخرى كالطول والارتفاع والقطر للدلالة على نمو النبات بأكمله او جزءاً منه. اما من حيث علاقة النمو بالزمن فان هذه العلاقة طردية ثابتة تحت الظروف الطبيعية وان سرعة النمو تكون صغيرة في الطور الاول لنمو النبات ثم تأخذ بالزيادة التدريجية بسرعة اكبر الى ان يصل النمو الى حالته النهائية فيأخذ بالبطء مرة اخرى ثم يتوقف وهذه المرحلة هي انتهاء لدورة حياة النبات.

لقد أشرنا سالفاً الى ان نمو النبات هو محصلة لتفاعل عوامل مختلفة منها بيئية ومنها وراثية ، ومن اهم هذه العوامل محتوى التربة من العناصر الغذائية الجاهزة للامتصاص من لدن النبات والحرارة والضوء والرطوبة والعوامل الوراثية وغيرها ، .ويمكن التعبير عن نمو النبات وعلاقته بهذه العوامل بالمعادلة الاتية-

$$G:F\ (X_1,X_2,X_3,X_4\ldots\ldots\ldots X_n)$$

ذلك ان

G (Growth) = النمو

F (Function) = دالة النمو

$X_1,X_2\ldots\ldots X_n$ = عوامل النمو المختلفة

لقد حاول كثير من الباحثين توضيح وتبسيط العلاقة بين نمو النباتات والعوامل المؤثرة ووضع هذه العلاقة بصورة معادلات رياضية. وكان أول من بدأ البحث في هذا الموضوع هو العالم Liebig وإنتهى عمله بالتوصل الى قانون عرف بإسمه وهو قانون العامل المحدد للنمو. ويوضح هذا القانون ان العنصر الغذائي المتوفر في التربة بكمية قليلة لايسد حاجة النبات لاكمال دورة حياته يعد عاملاً محدداً للنمو، على الرغم من وجود العناصر الغذائية الاخرى كافة بكميات وافية. في سنة ١٩٠٩ اختبر العالم الالماني E.A. Mitscherlich هذه العلاقة ولاحظ بعد عدة تجارب انه اذا تم امداد النبات بكميات كافية من العناصر الغذائية عدا عنصر واحد فان نمو هذا النبات يتناسب مع كمية هذا العنصر المحدد ،وان النمو يزداد باضافة هذا العنصر المحدد. ولكن هذه الزيادة بالنمو لاتتناسب مباشرة مع الكميات المضافة منه وهذه الزيادة كانت تقل تدريجياً لكل إضافة جديدة. هذه العلاقة التي اوجدها

متشرلش سميت بقانون تناقص الغلة The Law of diminishing return وعبر عنها بالمعادلة الرياضية التفاضلية الاتية:

$$\frac{dy}{dx} = (A - y)\,C$$

إذ أن: –

dy = الزيادة بالحاصل نتيجة الكمية المضافة من عامل النمو x
dx = كمية عامل النمو x
A = اعلى حاصل يمكن الحصول عليه عند تجهيز عوامل النمو اللازمة كافة
Y = الحاصل الناتج من الكمية المضافة من عامل النمو x
C = عدد ثابت يعتمد على طبيعة عامل النمو
X = عامل النمو

لقد وجد ان قيمة C للعناصر الغذائية الرئيسة الثلاثة هي: –

١ – النتروجين هي ٠,١٢٢
٢ – الفسفور (P_2O_5) هي ٠,٦٠
٣ – البوتاسيوم (K_2O) هي ٠,٤٠٠

من الاعتراضات والانتقادات التي وجهت الى معادلة متشرلش من لدن العديد من الباحثين هي:

١ – اعتمد متشرلش على C هي وحدة ثابتة لكل عامل من عوامل النمو (العناصر الغذائية) وانها غير متغيرة بنوعية المحصول، التربة والعوامل البيئية والوراثية.
٢ – لم يأخذ متشرلش بنظر الاعتبار عندما وضع معادلته ماهو موجود في التربة من عناصر غذائية.
٣ – وضح متشرلش بان A = ١٠٠٪ ولكن في الواقع لم تصل الا الى ٩٠٪.

ولقد طور الافكار والاراء التي جاء بها متشرلش العالم سبلمان ووضع معادلة تعتمد على معادلة متشرلش سميت باسمه Spillman's Equation. وكان ذلك سنة ١٩٢٤. والمعادلة الرياضية التي توضح العلاقة بين نمو النبات وعوامل النمو هي: –

$$Y = M\,(1 - R^{x})$$

اذ ان:

Y = كمية النمو الناتجة من عوامل نمو معينة (X)

X = كمية عامل النمو

M = أعلى حاصل يمكن الحصول عليه عندما تكون جميع عوامل النمو مجهزة بالكمية اللازمة.

R = عدد ثابت

ونفس الاعتراضات التي وجهت الى معادلة متشرلش يمكن ان توجه الى معادلة سبلمان. وبعد اعمال رياضية كثيرة توصل العالم سبلمان الى ان معادلته ومعادلة متشرلش يمكن ان توضعا بصيغة اخرى وهي :-

$$Y = A\,(1 - 10^{-cx})$$

ذلك ان:

Y = الحاصل الناتج عن اضافة كمية من عامل النمو x

X = كمية عامل النمو

A = أعلى حاصل ممكن الحصول عليه

C = عدد ثابت

لم يكن من السهولة استعمال اي من هذه المعادلات التي ذكرت لتوضيح العلاقة بين عوامل النمو المتعددة ونمو النبات ، لذلك تم وضع معادلة متشرلش ومعادلة سبلمان بصورة اخرى اكثر سهولة بالاستعمال واكثر وضوحاً وتعبيراً لعلاقة النمو بالعناصر الغذائية والمعادلة التي وضعت هي:

$$\text{Log}\,(A - Y) = \text{Log}\,A - 0.301\,(X)$$

اذ ان:

A = اعلى حاصل يمكن الحصول عليه نتيجة تجهيز جميع عوامل النمو بالكمية اللازمة.

Y = الحاصل الناتج عن اضافة كمية معينة من عامل النمو x

x = كمية عامل النمو

كيف تم الحصول على هذه المعادلة من معادلة متشرلش

معادلة متشرلش هي:

$$\frac{dy}{dx} = (A - y)\,C$$

بعملية التكامل

$$\frac{dy}{A - y} = c\,dx$$

$$-(\text{Log } A - y) = C_x + C_1$$

اذا كانت قيمة X = صفر فان

قيمة y = صفر

ومن هذا ينتج :

$$-\text{Log } A = C_1$$

وبالتعويض عن قيمة C_1 بالمعادلة ينتج

$$-(\text{Log } A - y) = C_x + (-\text{Log } A)$$

$$\text{Log }(A - y) = \text{Log } A - C_x$$

خلال الفترة التي ظهرت بها معادلات متشرلش وسبلمان، تمكن العالم الرياضي Baule بعد دراسته لآراء متشرلش من ايجاد مايمكن التعبير به كمقياس كمي لتوضيح العلاقة بين النمو والعناصر الغذائية وسمي هذا المقياس وحدة باول Baule unit التي يمكن تعريفها: بكمية عامل النمو اللازمة لانتاج نصف اعلى حاصل ممكن. هذه الوحدة ذات اهمية ، وذلك لانه يمكن استعمالها في حالة وجود عدة عوامل نمو في وقت واحد. فاذا فرض ان جميع عوامل النمو ثابتة عدا عامل واحد فان الكمية من هذا العامل التي نحتاجها لرفع الحاصل من صفر الى ٥٠٪ من الحاصل الاعلى يعبر عنها بوحدة باول لهذا العامل. ومن المعروف ان النباتات تحتاج الى كميات مختلفة من النتروجين والفسفور والبوتاسيوم. واعتبر باول الكميات اللازمة من كل هذه العناصر لانتاج زيادة قدرها ٥٠٪ من أعلى حاصل يمكن أن تكون وحدة قائمة بذاتها وعرفت هذه الوحدة بوحدة باول. واستناداً الى هذه النظرية فإن وحدة باول واحدة لعامل نمو معين مكافئة لوحدة باول لاي عامل من عوامل النمو الاخرى المتعددة. ان قيمة وحدة باول للنتروجين والفسفور P_2O_5 والبوتاسيوم K_2O التي حسبت من معادلة متشرلش هي :

السماد	باوند /ايكر	كغم / هكتار
N	٢٢٣	٢٤٩,٨
P_2O_5	٤٥	٥٠,٤
K_2O	٧٦	٨٥,١

وباستعمال وحدة باول فان معادلة متشرلش وسبلمان المتطورة التي هي:-

$$\text{Log}(A-y) = \text{Log}\,A - C_x$$

يمكن ان تصبح بالصيغة الاتية:

$$\text{Log}(A-y) = \text{Log}\,A - 0.301\,X$$

ان اختلاف هذه المعادلة عن المعادلة التي سبقتها يتجلى في ان قيمة $C = 0.301$
ان حساب قيمة c هو كما يأتي اعتماداً على وحدة باول:
إذاً نفرض ان قيمة $A = 100$
وقيمة $X = 1$

فقيمة Y هي 100% من قيمة A وذلك اعتماداً على نظرية باول:
إذاً $Y = 50$، وذلك لكون $A = 100$ وبالتعويض في المعادلة:

$$\text{Log}(100-50) = \text{Log}\,100 - C\,(1)$$
$$1.69897 = 2 - C$$
$$C = 2 - 1.69897$$
$$C = 0.30103$$

بالتعويض عن قيمة c في المعادلة:

$$\text{Log}(A-Y) = \text{Log}\,A - C_x$$

تصبح المعادلة بالصيغة الجديدة

$$\text{Log}(A-y) = \text{Log}\,A - 0.301\,X$$

ولغرض تفهم الطالب لكيفية استعمال هذه المعادلة لحساب الحاصل النسبي Relative Yield الناتج عن زيادة كمية عامل النمو، سنقوم باجراء العمليات الحسابية لتطبيق المعادلة بتغيير كمية عامل النمو.

مثال رقم (١)

اذا فرضنا ان كمية عامل النمو X= صفر و A= ١٠٠ فتكون قيمة الحاصل Y= صفر وذلك كما يلي:

$$\text{Log}(A-y) = \text{Log}\,A - 0.301\,X$$
$$\log(100-y) = \text{Log}\,100 - 0.301\,(0)$$

$$\text{Log}(100-y)=2-0$$
$$\text{Log}(100-y)=2$$
$$100-y=10^2$$
$$100-y=100$$
$$y=100-100$$
$$y=0$$

مثال رقم (٢):

$X=1$

$$\text{Log}(A-y)=\text{Log}\,A-0.301\,X$$
$$\text{Log}(100-y)=\log 100-0.301\,(1)$$
$$\text{Log}(100-y)=2-0.301$$
$$\text{Log}(100-y)=1.699$$
$$100-y=10^{1.699}$$
$$y=100-50=50$$

ومن هنا يتضح انه في حالة اضافة وحدة واحدة من عامل النمو فان الحاصل هو ٥٠٪ من أعلى انتاج

مثال رقم (٣):

$X=2$

$$\text{Log}(A-y)=\text{Log}\,A-0.301\,X$$
$$\text{Log}(100-y)=\text{Log}\,100-0.301(2)$$
$$\text{Log}(100-y)=2-0.602$$
$$\text{Log}(100-y)=1.398$$
$$100-y=10^{1.398}$$
$$100-y=25$$
$$y=75$$

مثال رقم (٤):

$X=8$

$$\text{Log}(A-y)=\text{Log}\,A-0.301\,X$$
$$\text{Log}(100-y)=\text{Log}\,100-0.301(8)$$

$$Log(100-y)=2-2.408$$
$$Log(100-y)=-0.408$$
$$100-y=10^{-0.408}$$
$$100-y=\frac{1}{10^{0.408}}$$
100-y = 0.390
y= 100-0.309
y = 99.61

الجدول الاتي يوضح نتائج زيادة قيمة x الى حد ١٠ وحدات

الزيادة بالحاصل (٪)	الحاصل (٪)	وحدات عامل النمو
	0.00	0
50.0	50.00	1
25.0	75.00	2
12.5	87.50	3
6.25	93.75	4
3.125	96.88	5
1.562	98.44	6
0.781	99.22	7
0.390	99.61	8
0.195	99.80	9
0.098	99.90	10

من هذا الجدول يلاحظ ان هناك زيادة بالحاصل ولكن نسبة الزيادة للحاصل تقل تدريجياً مع كل اضافة متزايدة من وحدات عامل النمو اي انه بزيادة عامل النمو يزيد الحاصل وهذه الزيادة تساوي ٥٠٪ من الزيادة الناتجة عن اضافة الوحدة السابقة حتى تصل الى حالة تكون فيها الزيادة ليست ذات قيمة او بعبارة اخرى ان النسبة في الزيادة في الحاصل الى الزيادة التي قبلها ثابتة ، اي ان $\frac{٢٥}{٥٠}=\frac{١}{٢}$ و $\frac{١٢,٥}{٢٥}=\frac{١}{٢}$ و $\frac{٦,٢٥}{١٢,٥}=\frac{١}{٢}$ وهكذا.

وتمثل نتائج الجدول قانون تناقص الغلة الذي جاء به العالم متشرلش. وما ذكر يوضح انه اذا كانت جميع عوامل النمو متوفرة بصورة ملائمة لنمو النبات عدا عامل واحد وليكن الفسفور او البوتاسيوم او اي عامل آخر فإن إضافة وحدة باول واحدة من هذا العامل تؤدي الى زيادة الحاصل الى ٥٠٪ من الحاصل الاعظم الذي يمكن الحصول عليه تحت الظروف المتوفرة. ولكن في حالة عدم توفر عاملين بصورة ملائمة لنمو النبات فإن إضافة بأول واحد من كل من العاملين تؤدي الى رفع الحاصل الى ٥٠٪ من الـ ٥٠٪ اي ٢٥٪ (٥٠٪ × ٥٠٪ = ٢٥٪) من الحاصل الاعظم.

$$٥٠٪ \times ٥٠٪ = ٢٥٪$$

$$\frac{١}{٢} \times \frac{١}{٢} = \frac{١}{٤} \times ١٠٠ = ٢٥٪$$

وعندما تتوفر ثلاثة عوامل للنمو بصورة ملائمة تكون اضافة باول واحدة ومن كل من العوامل الثلاثة يؤدي الى رفع الحاصل الى ١٢,٥٪ فقط من الحاصل الاعظم:

$$٥٠٪ \times ٥٠٪ \times ٥٠٪ = ١٢,٥٪$$

$$\frac{١}{٢} \times \frac{١}{٢} \times \frac{١}{٢} = \frac{١}{٨} \times ١٠٠ = ١٢,٥٪$$

هذه العلاقة يمكن التعبير عنها بالمعادلة الآتية:

$$Y = A(1 - 10^{-0.301X_1})(1 - 10^{-0.301X_2})(1 - 10^{-0.301X_3})$$

إذ ان:

A = اعلى حاصل ممكن الحصول عليه نتيجة تجهيز عوامل النمو كافة بالكمية اللازمة.

Y = الحاصل الناتج عن اضافة كمية معينة من عوامل النمو

X_1, X_2, X_3 = كميات عوامل النمو

في قانون تناقص الغلة نلاحظ ان هناك زيادة في الحاصل عند كل لاحقة مضافة من وحدات باول يقابل ذلك انخفاض في نسبة الزيادة بالحاصل. هنا التوقف عن اضافة السماد من الناحية الاقتصادية يحصل عندما يلاحظ بان قيمة الزيادة بالحاصل كانتاج نتيجة الاضافات المتزايدة من عامل النمو او عوامل النمو تكون اقل من قيمة عامل او عوامل النمو المضافة (أقل من قيمة السماد المضاف) اي يجب التوقف عن اضافة الاسمدة عند الحد

الذي تكون فيه قيمة الحاصل الزائد تساوي قيمة السماد حتى يمكن الحصول على اعلى ربح.

بعد متشرلش وباول وسلمان، اوجد الباحث O.W.Wilcox في سنة ١٩٣٧ معادلة توضح العلاقة بين النمو وعوامل النمو بعد ان وظف معادلة متشرلش لهذا الغرض والمعادلة هي:

$$Y = \frac{k}{n}$$

ذلك ان:

Y= حاصل المادة الجافة للاجزاء العليا من النبات
n = نسبة النتروجين في الحاصل
k= عدد ثابت

وأشار هذا الباحث الى انه عندما ينمو النبات نمواً طبيعياً تحت ظروف مناسبة من عوامل النمو من ضمنها النتروجين، فان النبات يمتص ٣١٨ باوند/ايكر من الارض (٣٥٦,١٦ كغم/هكتار) من النتروجين في دورة نمو واحدة وبذلك عدّ الرقم ٣١٨ عدداً ثابتاً (في المعادلة). ووضح في معادلته ان حاصل النبات يتناسب عكسياً مع نسبة النتروجين الموجودة في المادة الجافة للاجزاء العليا من النبات.

ان معادلات متشرلش وبأول وولكوكس قد فشلت في توضيح العلاقة بين نمو النبات وعوامل النمو ولكنها برغم ذلك كانت المبادرة الاولى لتوضيح العلاقة، يمكن ان نوجه الانتقادات الاتية لهذه المعادلات:-

١- يمكن للنبات النامي تحت ظروف جيدة ان يعطي أعلى انتاج.
٢- ان النبات الذي يعطي كمية كبيرة من المادة الجافة يحتوي على اقل كمية من النتروجين في اجزائه.
٣- ان الوحدة الثابتة (C) غير ثابتة لان عوامل النمو المختلفة هي عوامل متداخلة وليست ذات تأثير منفرد وكذلك التفاعل المتداخل بين العناصر الغذائية يؤثر على C وكذلك الظروف المناخية وانواع الترب.

في الولايات المتحدة الامريكية وضح العالم Roger Bray في سنة ١٩٥٤ النقاط التي اختلف فيها العلماء ليبج ومتشرلش وبأول وسبلمان ووضع نظرية جديدة لتوضيح النمو وعلاقته بالعناصر الغذائية. وتعتمد فكرة براي على دراسة جاهزية

العنصر الغذائي في التربة وأثر خصوبة التربة على نمو النبات وأخذ بنظر الاعتبار طبيعة النبات ونوعيته وقسم براي العناصر الغذائية من حيث جاهزيتها على قسمين هما :-

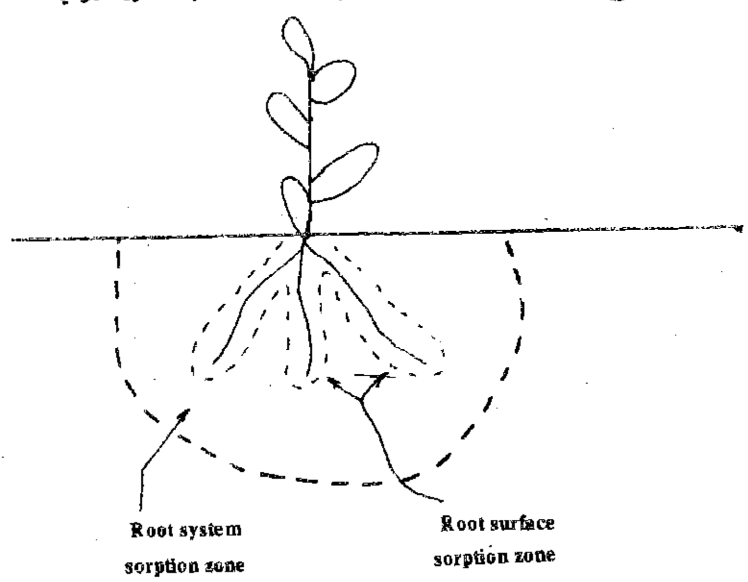
١- العناصر المتحركة mobile مثل النترات.

٢- العناصر غير المتحركة Immobile مثل الفسفور والبوتاسيوم المتبادل (يكون جاهزاً عندما يكون قريباً من منطقة الجذور، وكلما ابتعد عن منطقة الجذور قلت جاهزيته).

وهذا الاختلاف بالجاهزية ادى بالباحث براي الى وضع نظريته الخاصة التي عرفت بنظرية (حركة العناصر) والتي تبين بانه كلما قلت حركة العنصر الغذائي داخل التربة فان كمية هذا العنصر التي تحتاجها التربة لاعطاء اعلى حاصل تزداد. ووضح براي انه الاختلاف في الجاهزية ادى الى وجود محورين لامتصاص العناصر الغذائية وهذه المحاور هي :-

١- المحور الاول الذي يضم كل حجم التربة التي هي حول المنطقة القريبة من الجذور ويسمى هذا المحور Root system sorption zone ويمتص النبات من خلال هذا المحور العناصر الغذائية المتحركة.

٢- المحور الثاني الذي يضم الحجم الصغير من التربة القريب جداً من الجذور او الشعيرات الجذرية ويسمى هذا المحور Root surface sorption Zone. ويمتص النبات من خلال هذا المحور العناصر الغذائية الصعبة الحركة. لاحظ الشكل المرقم (١) لتوضيح محاور الامتصاص للعناصر الغذائية حسب نظرية براي.

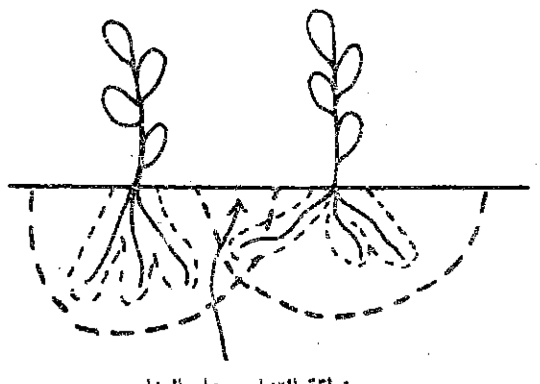


الشكل المرقم (١) محاور امتصاص جذور النبات للعناصر الغذائية

كذلك وضح العالم براي العلاقة بين عدد النباتات المزروعة في مساحة معينة من الارض وحركة العناصر الغذائية وجاهزيتها للنبات. وأشار الى ان زيادة عدد النباتات المزروعة في مساحة معينة من الارض تؤدي الى ضعف حاصل النبات نتيجة لتزاحم هذه النباتات على الكمية المرجودة من العنصر الغذائي . ووضح براي العلاقة بين تزاحم النباتات وحركة العنصر الغذائي بثلاثة مراحل وهي :-

١- عندما تكون النباتات المزروعة بعيدة فيما بينها عند زراعتها ، إذ أن جذورها (محاور الامتصاص الجذري) لاتتداخل ، فلا يؤدي ذلك الى حصول اي عملية تزاحم على العناصر الغذائية والماء وعوامل النمو الاخرى.

٢- عندما تتداخل Root system sorption Zones بعضها مع بعض فان ذلك سوف يؤدي الى حصول تزاحم وتنافس بين النباتات للحصول على العنصر الغذائي المتحرك. لاحظ الشكل (٢) الذي يوضح هذا التداخل.

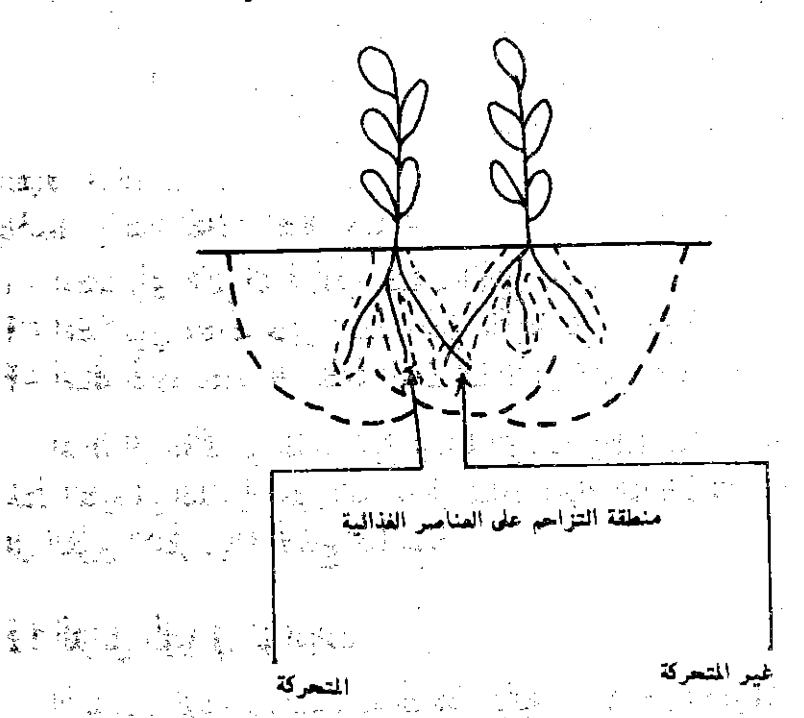


الشكل المرقم (٢) تداخل محاور الامتصاص الجذري للعنصر الغذائي المتحرك

٣- عندما تتداخل Root surface sorption Zones بعضها مع بعض فان ذلك سوف يؤدي الى حصول تزاحم وتنافس بين النباتات للحصول على العنصر الغذائي المتحرك وغير المتحرك لاحظ الشكل (٣) الذي يوضح هذا التداخل.

لهذا يجب الاعتماد على ماجاء به براي في الزراعة الحديثة حيث يجب اعتماد النقاط الاتية عند الزراعة :-

١ – طريقة الزراعة والمسافة بين نبات ونبات او خط وخط آخر في الحقل.
٢ – معدل البذار بوحدة الارض المزروعة ، اي عدد النباتات في وحدة المسافة.



الشكل المرقم (٣) تداخل محاور الامتصاص الجذري للعنصر الغذائي المتحرك وغير المتحرك

اعتماد هذه النقاط من اجل:
١ – عدم حصول تزاحم بين النباتات على العناصر الغذائية
٢ – حصول النباتات على الكمية الكافية من العناصر الغذائية وعوامل نمو اخرى مثل الضوء وثاني اوكسيد الكاربون والرطوبة وغيرها من العوامل.
٣ – الحصول على حاصل وانتاج جيد.

من الاعمال الاخرى التي قام بها براي كما ذكرنا سابقاً هو وضع معادلة جديدة لتوضيح العلاقة بين النمو والعناصر الغذائية واعتمد في ذلك على معادلات متشرلش وبول. والمعادلة التي وضعها هي:

$$\text{Log}\,(A-y)=\text{Log}\,A-(C_1 b+C_x)$$

اذا ان :

A= اعلى حاصل ممكن الحصول عليه عند تجهيز النبات بجميع عوامل النمو اللازمة.

y= الحاصل الناتج نتيجة اضافة عامل النمو

b = كمية العنصر الغذائي الموجود اصلاً في التربة

x= كمية العنصر الغذائي المضافة كسماد (x,b نفس عامل النمو).

c_1,c= معامل الضعف التدريجي في صورة العنصر الموجود في التربة اصلاً b وصورة السماد المضاف x.

يلاحظ من هذه المعادلة النقاط الاتية :-

١- اعتمد براي تحليل التربة وكمية العنصر الغذائي الموجود.

٢- اعتمد براي بمعادلته صور العنصر الغذائي وتأثيرها على نمو النبات.

٣- اضافة السماد تعتمد على حاجة النبات استناداً الى تحليل التربة.

اضافة الى ماذكر من العلماء الذين وضعوا نظرياتهم ومعادلاتهم في منحنيات النمو، هناك العديد من العلماء والباحثين الذين مازالوا يقومون باجراء الدراسات والبحوث للوصول الى الطريق الأسلم لزيادة الانتاج كماً ونوعاً.

2.2 العوامل المؤثرة في نمو النبات

التربة هي المهد الذي تعيش فيه النباتات الراقية ، حيث تنمو جذور هذه النباتات وتتعمق وتتخلل المسافات البينية للتربة من اجل الحصول على الماء والعناصر الغذائية. اما سيقان هذه النباتات فانها تنمو وتمتد بما تحمله من اوراق وازهار وثمار في الهواء فوق سطح التربة. ومن هذا فان نمو النباتات الراقية يتأثر بمكونات وخواص هذا المهد وكذلك بالعوامل المناخية السائدة فوق سطح التربة. واخيراً تتاثر بالعوامل الوراثية المتعلقة بطبيعة ونوع النبات.

من الصعب تحديد جميع العوامل التي تؤثر في نمو النبات بصورة مباشرة او غير مباشرة ولكن يمكن تحديد اهم العوامل المؤثرة.

2.2.1 العوامل الوراثية

ان تحسين النباتات وانتاج البذور المحسنة وايجاد أصناف متفوقة في انتاجها عن الأصناف السائدة ، تعد من أفضل الوسائل والطرق لرفع وزيادة الانتاج الزراعي. لقد حصل كثير من التقدم في علم تربية وتحسين النباتات إذ استطاع مربو النبات من انتخاب

نباتات جيدة في انتاجها ومقاومة للأمراض والحشرات المنتشرة في المنطقة وملائمة للظروف البيئية. هناك طرق عديدة لتربية النباتات منها ادخال أصناف مستوردة من المحصول المراد تحسينه من خارج البلد وزراعتها لغرض مقارنتها مع الاصناف المحلية لمعرفة مدى صلاحيتها من حيث الانتاج ومقاومة ظروف المنطقة، كذلك هناك طريقة عزل النباتات الجيدة في الصنف الواحد وانتخاب أفضلها لغرض التكثير والتوزيع. بالاضافة الى أن هناك طريقة التهجين وهي نقل طائفة من الصفات الجيدة والمرغوب بها من صنف الى صنف آخر تنقصهُ تلك الصفات. ومثال على الطريقة الأخيرة هو انتاج الذرة الهجين التي أحدثت تغيراً كبيراً في الزراعة الحديثة من حيث زيادة الانتاج بنسب عالية جداً عما كان عليه قبل عملية التهجين. وقد أشار (Martin et al. 1976) الى ان معظم نباتات الذرة الصفراء والبيضاء، والبنجر السكري، وعباد الشمس في الولايات المتحدة الأميركية هي أصناف هجينة ذات انتاجية عالية وصفات أخرى مرغوبة، كذلك هناك أصناف هجينة للحنطة والشعير ونباتات اخرى. وما زالت البحوث والدراسات قائمة في مختلف بلدان العالم ومن ضمنها العراق على أيدي مربّي النبات من أجل اختيار أفضل أصناف النباتات لزيادة الانتاج كماً ونوعاً.

2.2.2 العوامل البيئية

والعوامل البيئية هنا تضم معظم العوامل المؤثرة في نمو النبات وهي العوامل المتوفرة فوق سطح التربة وفي التربة ذاتها، واهم هذه العوامل:

١. رطوبة التربة

الماء هو العامل الرئيس لنمو النباتات وتوزيعها، ويعد من اهم العوامل المحددة لنجاح الزراعة في منطقة ما. وتختلف نسبة الماء في النباتات المختلفة، فهو يكوّن اكبر جزء من مكونات النبات. ويمكن ان تقدر نسبة الماء في النباتات بما معدله حوالي ٧٥٪ من وزن النبات الاخضر وتختلف هذه باختلاف نوع النبات، وعمره، وموسمه، ومحتوى التربة الرطوبي، ودرجة الحرارة، وسرعة الرياح. ورطوبة الجو والاشعاع الشمسي.

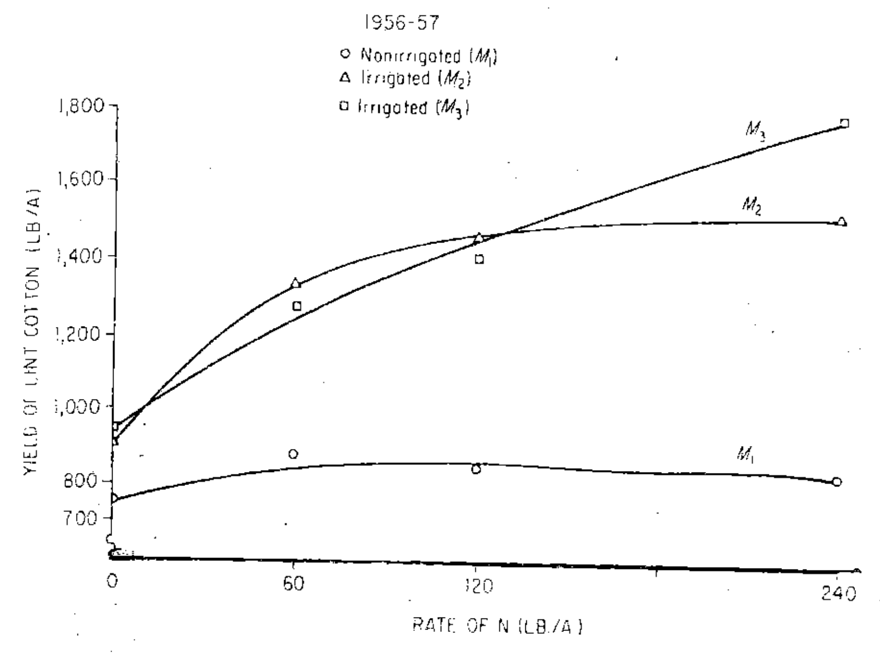
ويؤثر محتوى التربة الرطوبي في كثير من العمليات والظواهر الفسيولوجية التي يقوم بها النبات. وسنتطرق هنا الى اهم هذه التأثيرات:

ان نمو النبات يتناسب بصورة عامة مع كمية الماء الموجودة في التربة ، إذ ان للماء دوراً كبيراً في معظم العمليات الحيوية التي يقوم بها النبات (Hsiao 1973). فلقد اشار هذا الباحث الى أن نقص الماء يؤدي الى حصول تأثيرات فسيولوجية مختلفة في النبات ، ووضع هذه التأثيرات او التغيرات حسب التسلسل الآتي :

يؤدي نقص الماء الى تناقص النمو في اجزاء النبات العليا ونمو الورقة وهذا يتبعه تناقص في معدل تكون جدر الخلية والبروتين. وربما يقل معدل انقسام الخلايا ومستوى بعض الانزيمات مثل Nitrate reductase المسؤول عن اختزال النترات في النبات بعد امتصاصها من التربة . بعد ذلك يمكن ان تنغلق الثغور بتقدم نقص الماء ، ويزامن غلق الثغور حصول تناقص في معدل عملية النتح ، وتمثيل ثاني اوكسيد الكربون وعند هذه النقطة تبدأ تغيرات اخرى بالظهور مثل انخفاض معدل عملية التنفس وانتقال المواد الناتجة من عملية التركيب الضوئي ولقد لوحظ ايضاً تجمع للسكريات والاحماض الامينية مثل البرولين. هذه التغيرات الفسيولوجية ترتبط بتغيرات تشريحية في النبات مثل تجوف الخشب وهرم وتساقط الاوراق ثم موت النبات .

وهناك العديد من الدراسات المتعلقة بتأثير الري ورطوبة التربة في نمو النبات والحاصل وسنتطرق هنا الى جانب منها . اشار الباحثون (Scarsbrook et al. 1959) بعد دراستهم لتأثير الري وكمية الماء المستعملة في حاصل نبات القطن في تجربة حقلية في ولاية الباما في الولايات المتحدة الاميركية ، الى أن زيادة كمية الماء المضافة بعملية الري ادى الى زيادة حاصل نبات القطن الى الضعف مقارنة بحاصل الحقل غير المروى (لاحظ الشكل المرقم ٤) . كذلك وجد الباحثان (Buchner and Strum 1971) زيادة في حاصل نبات الذرة الصفراء عند اضافة الماء بمقدار ١٥٠ ملم في تموز– آب عند طور التزهير، وذلك لكون ري نبات الذرة الصفراء عند هذا الطور ذا تأثير حقيقي واساس في حاصل الحبوب تحت الظروف التي يكون فيها المستوى الرطوبي للتربة واطئاً (لاحظ الجدول ١) .

اشار (Kemper et al. 1961) الى ان قلة الماء الجاهز للامتصاص من قبل النبات ادى الى انخفاض معدل نمو نبات الذرة الصفراء (*Zea mayz* L.) ونبات الشعير (*Hordeum vulgare* L.) وهذا يتماشى مع ماوجده (Boyer, 1970a,1970b) وهو ان



شكل (٤) تأثير الرطوبة ومستويات النتروجين في حاصل نبات القطن (Scarsbrook et al. 1959)

الجدول (١). تأثير الري والنيتروجين في حاصل الحبوب للذرة الصفراء (Buchner and Strum 1971)

معدل النتروجين المضاف كغم / هكتار	حاصل الحبوب، طن / هكتار			
	١٩٦٩		١٩٧٠	
	بدون ري	مع الري	بدون ري	مع الري
٦٠	٥,١	٨,٨	٣,٤	٦,١
١٢٠	٣,٨	٩,٧	٣,٧	٨,٧
١٢٠+ ٦٠	٣,٣	٩,٦	٢,٣	١٠,٠

انخفاض محتوى التربة من الرطوبة ادى الى توقف نمو اوراق نبات الذرة الصفراء وفول الصويا (.*Glycine max* L) وكذلك انخفاض معدل عملية التركيب الضوئي وهذا سبب بانخفاض معدل نمو هذه النباتات. ولا يختلف هذا مع ما اشار اليه (Eck and Musik 1979a,1979b) وهو ان قلة رطوبة التربة اوزيادة فترة الجفاف التي تعرض لها نبات الذرة البيضاء (*Sorghum vulgare*) ادى الى حصول انخفاض في النمو الخضري وطول النبات ، ومن ثم قلة في حاصل الحبوب ، واكدا بأن التأثير السلبي للجفاف كان اكثر وضوحاً عندما عرضت النباتات له في مراحل النمو الاولى عما هو عليه في مرحلة تكوين الرؤوس الحاملة للحبوب. وقد بيّن (الراوي وتوفيق ١٩٧٩) بأن زيادة رطوبة التربة الى الحدّ الملائم لنمو النبات (٨٠٪ من السعة الحقلية) ادى الى زيادة الوزن الجاف وطول نبات الكتان *Lilum usitatissimum* ، وعزوا ذلك الى ان زيادة الرطوبة ادت الى زيادة جاهزية العناصر الغذائية للنبات وبالتالي زيادة الانتاج. واشار (Al- Nieml, 1981) الى ان زيادة محتوى التربة الرطوبي من ١٧٪ الى ٥١٪ من السعة الحقلية للترب المزيجية السلتية والمزيجية الطينية ادى الى حصول زيادة معنوية في الوزن الرطب وارتفاع نبات فول الصويا ، وعزا سبب هذه الزيادة الى ان المحتوى الرطوبي للتربة عند ١٧٪ من السعة الحقلية لم يكن ملائماً من حيث الكمية للحصول على نمو جيد لنبات فول الصويا. واشار (Al-kafaf et al. 1988) الى أن اعلىٰ تأثير سلبي لانخفاض محتوىٰ التربة الرطوبي على مراحل نمو النبات هو عند مرحلة التزهير وامتلاء الحب ، وهذا قد أدىٰ بدوره الى انخفاض حاصل نبات الحنطة الى اقل معدل مقارنة بنتائج مراحل نمو النبات الأخرىٰ التي تعرضت لانخفاض المحتوىٰ الرطوبي للتربة. ووجد (Iqbal et al. 1992) ان الري التكميلي لنبات الحنطة عند المراحل الحرجة لنموه قد ادىٰ الى زيادة الانتاج بنسبة هي اعلىٰ من ٥٠٪ مقارنة بالمعاملة غير المروية ، وحصل (Shawa et al. 1993) على افضل انتاج عند استخدامه لثلاث ريات تكميلية لنبات الحنطة ايضاً مقارنة بالمعاملة بدون ري أو بالمعاملة التي حصلت على ريتين تكميليتين. وسجل (Benbi et al. 1993) زيادة مقدارها ٥٠٪ في الحاصل عند توفر الرطوبة عند البذار لحنطة المناطق الجافة. واشارت بحوث (Bouzerzour and Oudina 1995) الى ان الري التكميلي قد زاد من عدد التفرعات لنبات الحنطة في المتر المربع الواحد من الأرض بـ ٤٢ مرة مقارنة بالمعاملة غير المروية ، ولاحظ أيضاً ان انتاج الحبوب للمعاملة المروية (٥١٦٠ كغم / هكتار) كان اعلىٰ من غير المروية (٢٧٢٠ كغم / هكتار). وفي دراسات لزيادة انتاجية الحنطة في شمال العراق باستخدام تقنية الري التكميلي اظهرت نتائج (العذاري والراشدي ١٩٩٣) بمنطقة ربيعة

(شمال العراق) لصنف الحنطة مكسيباك ان استخدام ١٠٠ ملم ري تكميلي في بداية ونهاية موسم النمو مع كمية امطار (٣٢٦,١ ملم) قد ادىٰ الى زيادة الانتاج من (٥٨٠ كغم / هكتار الى ١١٣٠ كغم / هكتار) في المعاملة بدون الري التكميلي الىٰ ٢١٦٠ كغم / هكتار.

واشار العديد من الباحثين تحت ظروف الزراعة الديمية في القطر ايضاً الى ان توافر الرطوبة الملائمة في التربة نتيجة لتساقط كميات مناسبة من الامطار والاعتماد على الري التكميلي قد ادىٰ الى تحسن نمو نبات الحنطة وزيادة انتاجيته (اسماعيل، ١٩٨٦ والعذاري، ١٩٩٤). وفي تجربة حقلية خلال الموسم الزراعي ٩٥-١٩٩٦ في مدينة الموصل تم دراسة تأثير مستويين من الرطوبة، الاول بدون ري معتمداً على مياه الامطار والثاني معتمداً على الري التكميلي، على نمو وحاصل خمسة اصناف لنبات الحنطة. واشارت نتائج التجربة الحقلية (جدول ٢) الى حصول زيادة معنوية في عدد الحبوب لكل سنبلة نتيجة لتأثير الري التكميلي وكذلك حصول زيادة معنوية في حاصل الحبوب كغم / هكتار حيث بلغت نسبة الزيادة في الحاصل ٢٣,٢٪ عند معاملة الري التكميلي مقارنة بالمعاملة المعتمدة على الامطار فقط والسبب في ذلك يعود الى التأثير الايجابي للماء الذي انعكس على النمو الجذري والخضري وبالتالي أثر في زيادة حاصل الحبوب (الدليمي ١٩٩٨). وكذلك وجد الباحث (الليلة ١٩٩٩) بتجربة حقلية في شمال العراق زيادة في حاصل حبوب نبات الحنطة بنسبة ٣٨,٨٪ عند استخدام ٢٠ ملم ري تكميلي في حين بلغت الزيادة عند استخدام ٤٠ ملم ري تكميلي ٣٣,٧٪ عند مقارنة معاملتي الري مع المعاملة بلا ري تكميلي والمعتمدة على الأمطار الساقطة فقط.

تلعب الرطوبة دوراً كبيراً في نمو جذور النباتات وتغلغلها بعمق داخل التربة، فقد بينت كثير من الدراسات بأن مقدرة النبات على مقاومة الجفاف لها علاقة وثيقة بتعمق الجذور في التربة. وقد قام (Weaver and Himmel 1930) بدراسة العلاقة بين محتوى التربة من الرطوبة ونمو الجذور وتعمقها ووجدا بأن تعمق الجذور يزداد بانخفاض المحتوى الرطوبي للتربة، ولكن نمو الجذور وتعمقها يتوقف عندما يكون محتوى التربة من الرطوبة قليلاً جداً او عند حالة الجفاف وذلك لتوقف نمو الجذور نفسها. ووجد (Bertrand and Kohnke 1957) ايضاً بأن المحتوى الرطوبي العالي للتربة يحد من تغلغل الجذور بسبب انخفاض كمية الاوكسجين تحت مستويات الرطوبة العالية. واشار (علي ١٩٨٢) الى ان انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة المزيجة الطينية الرملية من ١٠٠٪ من السعة الحقلية الى ٣٠٪ من السعة الحقلية ادى بصورة عامة الى حصول انخفاض في حاصل المادة الجافة للجذور واطوالها لنباتي الذرة الصفراء وفول الصويا، اما نمو جذور هذه النباتات في التربة

جدول رقم (٢)

تأثير المحتوى الرطوبي للتربة والسماد النتروجيني في عدد الحبوب/ سنبلة وفي حاصل الحبوب (كغم/ هكتار) عند نضج الحاصل بعد (١٧٢) يوماً من الزراعة لأصناف الحنطة الخمسة للموسم الزراعي ٩٥- ١٩٩٦.

الأصناف	عدد حبوب السنبلة								تأثير الاصناف
	بدون ري		ري تكميلي		الاصناف x الري		الاصناف x التسميد		
	غير مسمد	مسمد	غير مسمد	مسمد	بدون ري	ري تكميلي	غير مسمد	مسمد	
ابو غريب ٣	٤٧,٠ ح	٥١,٠ ح	٥٤,٧ ث	٥٩,٣ ت	٤٩,٠ ج	٥٧,٠ ت	٥٠,٨ ج	٥٥,٢ ت	٥٣,٠ ت
العدنانية	٤٣,٣ د	٥٠,٦ ج	٥١,٣ ج	٥٩,٣ ت	،٧,٣ ح	٥٥,٣ ث	٤٧,٣ ح	٥٥,٠ ت	٥١,٢ ث
التصار	٤٠,٣ ذ	٤٩,٣ ج	٥١,٧ جـ	٥٤,٧ ث	٤٤,٨ خ	٥٣,٢ ث	٤٦,٠ ح	٥٢,٠ ث	٤٩,٠ ج
تموز ٢	٤٤,٠ ح	٥٦,٣ ت	٥٨,٧ ت	٧٧,٢ ا	٥٠,٢ ج	٦٨,٠ ا	٥١,٣ ج	٦٦,٨ ا	٥٩,١ ا
مكسباك ٦٥	٤٩,٧ ج	٥٥,٠ ث	٥٥,٣ ث	٦٨,٣ ب	٥٢,٤ ث	٦١,٨ ب	٥٢,٥ ث	٦١,٧ ب	٥٧,١ ب
الري x التسميد	٤٤,٨ ث	٥٢,٥ ت	٥٤,٣ ب	٦٣,٦ ا					ب
تأثير الري					٤٨,٧ ب	٥٩,١ ا			
تأثير التسميد							٤٩,٦ ب	٥٨,١ ا	

الاصناف	حاصل الحبوب (كغم / هكتار)								تأثير الاصناف
	بدون ري		ري تكميلي		الاصناف x الري		الاصناف x التسميد		
	غير مسمد	مسمد	غير مسمد	مسمد	بدون ري	ري تكميلي	غير مسمد	مسمد	
ابو غريب ٣	٤٤٠,٤ ز	٨٧٠,٠ ح ذ	٦٢٢,٨ ر	١,٩٨ ٨ ث ج	٧٠٥,٪ ج	٨٦١,٢ ت	٥٨١,٦ خ	٩٨٤,٨ ت	٧٨٣,٢ ت
العدنانية	٦٨٣,٢ ذ ر	٩٣٦,٤ ج د	٦٩٤,٤ د ر	١٠٥٠,٤ ث ح	٨٠٩,٦ ث	٨٦٢,٤ ت	٦٨٨,٨ هـ	٩٩٣,٢ ت	٨٦١,٢ ت
انتصار	٧٥٨,٨ خ ر	٩٦٩,٢ ج ح	١٠٠٥,٦ ج ح	١٣١٤,٨ ت	٨٦٤,٠ ت	١١٦٠,٤ ب	٨٨٢,٤ ث	١١٤٢,٠ ب	١٠١٢,٠ ب
تموز ٢	٦٩٦,٨ د	١٥٥٠,٤ ب	١٤٩٨,٨ ب	١٧٥٢,٤ ا	١١٢٤,٠ ب	١٦٢٥,٦ ا	١٠٩٧,٦ ب	١٩٥٢,٠ أ	١٣٧٤,٨ ا
مكسباك ٦٥	٥ ٢ ر	٨٨٣٦,٠ ح د	٦٥٨,٨ ر	١١٩٤,٤ ت ث	٧٣٦,٤ ج	٩٢٦,٤ ث	٦٢٤,٠ ح	١٠٣٩,٢ ب	٨٣١,٦ ت
الري x التسميد	٦٥٣,٦ ث	١٠٤٢,٠ ب	٨٩٦,٠ ت	١٢٨٢,٤ ا					
تأثير الري					٨٨٤,٠ ب	١٠٨٩,٢ ا			
تأثير التسميد							٧٧٤,٨ ب	١١٦٢,٠ ا	

الطينية فقد كان افضل نمو عند ٦٠٪ من السعة الحقلية مقارنة بالمحتوى ٣٠٪ و ١٠٠٪ من السعة الحقلية ، ويعود انخفاض نمو الجذور عند هذين المستويين الى قلة الرطوبة والتهوية على التوالي. ان قلة نمو الجذور وتعمقها في الترب ناعمة النسجة (Fine-textured soil) مقارنة بالترب ذات النسجة الخشنة (Coarse textured soil) يعود الى زيادة الضغط الميكانيكي (Soil compaction) وغياب الاوكسجين في الترب ناعمة النسجة . ووجد (Karrou and Maranville 1994) زيادة معنوية في طول الجذور عندما كان محتوىٰ التربة الرطوبي عند السعة الحقلية مقارنة بمعاملات المحتوىٰ الرطوبي الأقل. وفي دراسة حقلية في شمال العراق حول تاثير المحتوىٰ الرطوبي للتربة على نمو جذور نبات الحنطة وجد الباحث الدليمي (١٩٩٨) بأن الري التكميلي قد اثر تأثيراً معنوياً في طول الجذور حيث كانت نسبة الزيادة ١٩,٦٪ و ٢٣,٤٪ لمرحلتي البادرات والتزهير على التوالي (الجداول ٣ ، ٤). وفي دراسة اخرى لنفس الباحث في عام ١٩٩٨ وتحت ظروف البيت الزجاجي ، وجد بأن تعريض نبات الحنطة للجفاف عند مرحلة التزهير (التعطيش حتىٰ حصول حالة الذبول للنبات وكذلك بعد ٤٨ ساعة من الذبول) قد أدىٰ الى حصول انخفاض معنوي في الوزن الجاف للجذور وكذلك طول الجذور والسبب في ذلك ربما يعود الى دور الماء في مختلف العمليات الحيوية للنبات حيث ان مستويات الرطوبة المنخفضة جداً تعمل على توقف نمو الجذور واستطالة الخلايا.

محتوى التربة الرطوبي وامتصاص العناصر الغذائية

يلعب محتوى التربة الرطوبي دوراً كبيراً في امتصاص النبات للعناصر الغذائية ، وقد وجد (Danielson and Russel 1957) ان السبب الذي يعود اليه زيادة امتصاص العناصر الغذائية بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة هو زيادة سمك الأغشية المائية التي تتكون داخل التربة والتي بدورها تؤدي الى زيادة انتشار العناصر الغذائية من خلالها . واكد ذلك الباحث (Barber 1962) ، اذ وجد ان تناقص محتوى التربة الرطوبي ادى الى صغر مساحة المقطع العرضي للأغشية المائية والى زيادة تعرج الجذور مسبباً تناقصاً في معدل انتشار الايونات في الاغشية المائية مما يؤدي الى انخفاض معدل الامتصاص الايوني للعناصر الغذائية الموجودة في محلول التربة . لقد وجد (Bourget and Garson 1962) انخفاضاً في محتوى نبات الشوفان *(Avena sative)* والجت *(Medicago sativa* L.) من عنصر الفسفور بانخفاض محتوى التربة الرطوبي ، ولقد علل ذلك بقلة جاهزية الفسفور بانخفاض محتوى التربة من الماء الجاهز. ولاحظ (Lutz et al. 1974) زيادة في تركيز البوتاسيوم في

جدول رقم (٣)

تأثير المحتوى الرطوبي للتربة والسماد النتروجيني في طول الجذور (سم) وارتفاع النبات (سم) في مرحلة البادرات بعد (٥٥) يوماً من الزراعة لأصناف الحنطة الخمسة للموسم الزراعي ٩٥- ١٩٩٦.

الاصناف	طول الجذور (سم) بدون ري غير مسمد	بدون ري مسمد	ري تكميلي غير مسمد	ري تكميلي مسمد	الاصناف x الري بدون ري	الاصناف x الري ري تكميلي	الاصناف x التسميد غير مسمد	الاصناف x التسميد مسمد	تأثير الأصناف
ابو غريب ٣	١٩٠ د ذ	١٩٧ ذ	٢٣٧ خ ح	٢٤٦ د ذ	١٩٤ ح	٢٤٢ جـ ح	٢١٤ ر	٢٢٢	٢١٨ ب
العدنانية	١٣٥ ر	١٥٥ ر	١٣٥ ر	١٢٩ ر	١٤٥ خ	١٥٢ خ	١٣٥ ت	١٩٢	١٤٩ ت
انتصار	٣٧٨ ب ت	٣٧٣ ب ت	٣٠٨ ث	٣٦٣ ت	٣٢٦ ب	٣٣٦ ب	٣٠٨ ا	٣٥٣	٣٣١ ا
تموز ٢	٢٩٦ ث	٣١٤ ث	٣٩٢ ب	٤٦٩ ا	٣٠٥ ث	٤٣١ ا	٣٤٤ ا	٣٩١	٣٦٨ ا
مكسباك ٦٥	١٥٠ ر	٢٥٩ جـ ح	٢١٥ خ ذ	٢٦٩ جـ	٢٠٥ ح	٢٤٢ ث	١٨٣ ب	٢٦٤	٢٢٣ ب
الري x التسميد	٢١٦ ت	٢٥٤ ب	٢٥٧ ب	٣٠٣ أ					
تأثير الري					٢٣٥ ب	٢٨١ أ			
تأثير التسميد							٢٣٧ ب	٢٧٨ ا	

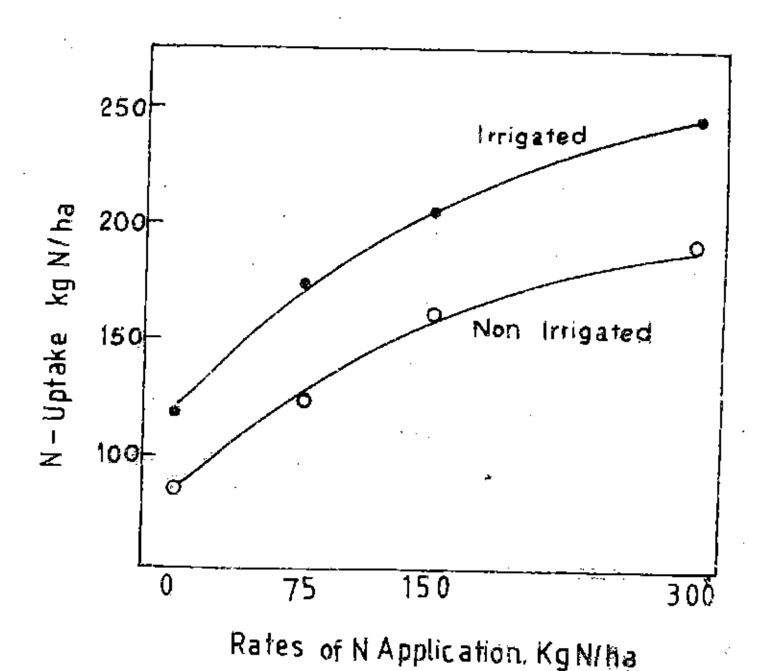
جدول رقم (٤)

تأثير المحتوى الرطوبي للتربة والسماد النتروجيني في طول الجذور (سم) وارتفاع النبات (سم) في مرحلة التزهير بعد (١١٥) يوماً من الزراعة لأصناف الحنطة الخمسة للموسم الزراعي ٩٥ – ١٩٩٦.

الاصناف	طول الجذور (سم) – بدون ري – غير مسمد	بدون ري – مسمد	ري تكميلي – غير مسمد	ري تكميلي – مسمد	الاصناف x الري – بدون ري	الاصناف x الري – ري تكميلي	الاصناف x التسميد – غير مسمد	الاصناف x التسميد – مسمد	تأثير الاصناف
ابو غريب ٣	٣٢٩٩ جـ خ	٤٤٠٤ ب ح	٣٣٤٥ جـ خ	٥٩٣٩ أ	٣٨٥٢ جـ	٤٦٤٢ ت	٣٣٢٢ ث	٥١٧٢ a	٤٢٤٧ أ ب
العدنانية	٣١٢٣ جـ خ	٥٢٥٦ أ ت	٣٣٠٦ جـ خ	٥٤٩٢ أ ب	٤١٩٥ ث	٤٣٩٩ ت	٣٢١٧ جـ	٥٣٧٤ a	٤٢٩٧ أ ب
انتصار	٣٤٢٩ جـ خ	٥٠٩٦ أ ث	٣٧٨ ث خ	٦٠٥٩ أ	٤٢٦٣ ث	٤٩٢٠ ب	٣٦٠٥ ث	٥٥٧٩ a	٤٥٩١ أ
تموز ٢	٣٧٧١ ث خ	٤٦١١ أ ث	٤٣٢٧ ب ح	٥٧٨ أ ب	٤١٩٦ ث	٥٠٥٤ ب	٤٠٤٩ c	٥١٩٧ a	٤٦٢٢ أ
مكسباك ٦٥	٢٣٩٤ خ	٢٩٣١ ح خ	٥٣٢٣ أ ت	٣٩٣٦ ت ح	٢٦٦٢ ح	٥٦٣٩ أ	٣٨٥٩ c	٤٤٤٣ b	٤١٥١ ب
الري x التسميد	٣٢٠٥ ث	٤٤٦٠ ب	٤٠١٥ ت	٥٨٤٥ أ					
تأثير الري					٣٨٣٢ ب	٤٧٧٩ أ			
تأثير التسميد							٣٦١٠ ب	٥١٥٢ أ	

اوراق الذرة الصفراء نتيجة لاضافة السماد البوتاسي وكانت الاستجابة في المعاملات المروية اكثر مما هي عليه في المعاملات غير المروية ، اي ان زيادة رطوبة التربة ادت الى زيادة جاهزية البوتاسيوم وبالتالي زيادة امتصاص النبات له وبين (Fribourg et al. 1976) ان زيادة الرطوبة ادت الى زيادة انتاج الذرة الصفراء والبيضاء ومن ثم زيادة الكمية الكلية الممتصة لكل من الفسفور والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم .

ان التأثير الايجابي للري في الحاصل وامتصاص نبات الذرة الصفراء لعنصر النتروجين موضح في الشكل (٥) والذي هو من نتائج الباحثين (Decau and Pujol 1973) التي توضح العلاقة بين زيادة التسميد بعنصر النتروجين والامتصاص الكلي للنتروجين من قبل نبات الذرة الصفراء النامية تحت ظروف اروائية وظروف غير اروائية . ان الامتصاص العالي للنتروجين في المعاملة المروية كانت موازية للزيادة الحاصلة في حاصل الحبوب . كذلك وجد (Singh and Sharma 1980) في دراستها التي اجريت في سنتين متتاليتين على نبات الـ (*Cicer arietinum* L.) ان زيادة الرطوبة ادت الى زيادة امتصاص كل من النتروجين والفسفور والبوتاسيوم ، وبما ان سبب هذه الزيادة في الامتصاص هو



شكل (٥) تأثير الري وزيادة المستويات المضافة من النتروجين في كمية النتروجين الكلي الممتص من قبل نبات الذرة الصفراء
(Decau and Pujol 1973)

زيادة الوزن الجاف للنبات وانتاج الحبوب تحت رطوبة التربة المثالية . ويؤكد هذا التوجه العديد من الباحثين (Al- Niemi 1981, Karlen et al. 1980) (والنعيمي ، ١٩٨٧) حيث اشاروا الى زيادة امتصاص العناصر الغذائية وتحسن نمو النبات بتوافر المحتوى الرطوبي المثالي في التربة وهو ٧٥٪ من السعة الحقلية . ولاحظ كل من (Scott and Brewer, 1980) انه في المواسم الرطبة يحدث اعلى امتصاص للكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم من قبل نبات فول الصويا وفسر ذلك انه بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة تزداد جاهزية العناصر الغذائية ، وبين (Farah, 1981) خلال دراسته لتأثير جهد الماء من خلال الإرواء على امتصاص العناصر الغذائية من قبل النبات فوجد انه في حالة نقص الماء يكون نمو الجذور محدوداً ومن بعد يقل معدل امتصاص العناصر الغذائية . اما الباحثان (Machay and Barbar 1985) فوجدا ان هنالك علاقة بين المحتوى الرطوبي للتربة وامتصاص البوتاسيوم حيث يقل معدل الامتصاص للعنصر تحت ظروف نقص الماء وزيادة الامتصاص تحت ظروف مناسبة من المحتوى الرطوبي للتربة . وفي دراسات داخل القطر وجد (Ramadan et al. 1986) ، عند دراستهم لتأثير محتوى التربة الرطوبي ونسبة التربة والتسميد الفوسفاتي على محتوى نباتي الذرة الصفراء وفول الصويا من العناصر الغذائية ، بأن زيادة المحتوى الرطوبي للتربة ادى الى حصول زيادة في المحتوى الكلي لعنصري الفسفور والبوتاسيوم في الاجزاء الخضرية لكلا النباتين ، واكد هذه النتائج الباحثان (النعيمي و علي ١٩٩٠) حيث لاحظا بأن الكمية الممتصة من عنصري الفسفور والبوتاسيوم كانت اعلى في الاجزاء الخضرية لنباتات فول الصويا والذرة الصفراء عند مستوى ١٠٠٪ من السعة الحقلية للنباتات النامية في التربة المزيجية الطينية الرملية ، وعند مستوى ٦٠٪ من السعة الحقلية للنباتات النامية في التربة الطينية . ووجد الباحثان (Karrou and Maranville 1994) بأن الرطوبة المنخفضة للتربة والقريبة من حالة الجفاف تقلل من الكمية الممتصة لعنصر النيتروجين.

يتضح مما سلف انه لابد من امداد النبات بكمية كافية من الماء ليحتفظ بنضارته وتظل خلاياه قائمة بوظائفها الحيوية بصورة جيدة وخاصة من حيث طلبها للعناصر الغذائية التي تزداد جاهزيتها وصلاحيتها للامتصاص من لدن النبات بتوفر الرطوبة الملائمة لنمو النبات في التربة وبالتالي تكون المحصلة زيادة الانتاج. ولا يغيب عن الذاكرة ان زيادة رطوبة التربة عن الحد المعقول لنمو النبات تكون ذات مردود سلبي حيث تؤدي الى ضعف نمو الجذور بسبب نقص الاوكسجين اللازم. وهذا يؤدي الى قلة امتصاص العناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات وبالتالي قلة الحاصل او انعدامه. كذلك تؤدي زيادة الرطوبة الى جعل النباتات اكثر قابلية للاصابة بالامراض والحشرات.

٢. الحرارة

تعد درجة الحرارة من اهم العوامل البيئية المؤثرة في نمو النبات وانتاج المحاصيل ، وتعد اشعة الشمس المصدر الاساس للطاقة الحرارية وان ٢٥٪ فقط من الطاقة الشمسية الموجهة الى الارض تصل الى سطح الارض. يتراوح وجود درجات الحرارة في عالمنا هذا من -٢٧٣°م الى اكثر من عدة ملايين درجة مئوية عند مركز الشمس. ان درجات الحرارة الملائمة لمعظم المحاصيل الزراعية تقع بين ١٥ درجة مئوية الى ٤٠ درجة مئوية ، وان انخفاض درجة الحرارة عن ١٥°م او زيادة درجة الحرارة عن ٤٠°م يؤدي الى حصول انخفاض في معدل النمو للنباتات.

وتؤثر الحرارة بصورة مباشرة او غير مباشرة في كثير من العمليات الحيوية في النبات والعوامل المؤثرة في نمو النبات.

١ – تؤثر درجة الحرارة تأثيراً مباشراً في توزيع النباتات على سطح الكرة الارضية ، ولقد تم تقسيم النباتات من حيث علاقتها بدرجة الحرارة على مجموعتين اساسيتين هما :

النباتات الصيفية التي تنجح زراعتها تحت ظروف الصيف ومنها الذرة الصفراء والبيضاء وفول الصويا وكذلك الخضراوات الصيفية. والنباتات الشتوية التي تكون زراعتها ناجحة تحت ظروف الشتاء ومنها الحبوب والبقوليات ومحاصيل العلف الشتوية والخضراوات الشتوية.

٢ – تؤثر درجة الحرارة في عملية انبات بذور النباتات ومن المعروف ان معظم البذور بصورة عامة يمكن ان تنبت بين درجات حرارة تتراوح من ٢١°م – ٣٢°م وان انخفاض او ارتفاع درجة الحرارة عن هذا المعدل يؤثر بطريقة او اخرى في الانبات وبالتالي على النمو والانتاج.

٣ – ان تأثير درجة الحرارة في عملية التركيب الضوئي عملية معقدة وتختلف باختلاف نوعية النباتات واصنافها وبمحتوى الجو من ثاني اوكسيد الكربون وبشدة الضوء وفترته. ولقد اوضح الباحثون بانه اذا كانت كمية الضوء وشدته محدودتين فان لدرجة الحرارة تأثيراً قليلاً في معدل عملية التركيب الضوئي. ولكن حين يكون ثاني اوكسيد الكربون هو المحدود الكمية وليست شدة الضوء فان عملية التركيب الضوئي تزداد بارتفاع درجة الحرارة.

٤ – وتتأثر عملية التنفس ايضاً بدرجة الحرارة وتغيرها وبصورة عامة فان عملية التنفس تقل بانخفاض درجة الحرارة وتزداد بازديادها.

٥ – فقدان الماء من النبات عن طريق النتح ومن فتحات الثغور الموجودة في اوراق النبات يتاثر بدرجة الحرارة. وهناك قاعدة عامة هي ان ارتفاع درجة الحرارة يؤدي الى زيادة عملية فقدان الماء، وان انخفاضها يقلل من فقدان الماء من النبات. وفي درجات الحرارة المرتفعة قد يحدث ان يكون معدل فقدان الماء من النبات اعلى من كمية الماء التي تمتصها جذور النبات وهذا يؤدي الى ظهور حالة الذبول على النبات.

٦ – امتصاص الماء من قبل جذور النبات يتاثر بدرجات الحرارة واختلافها، وهذا التأثير يختلف ايضاً باختلاف نوعية النبات ولكن يُلحظ بصورة عامة ان ارتفاع درجة حرارة الوسط الجذري من صفر درجة مئوية الى ٦٠ او ٧٠ درجة مئوية يؤدي الى زيادة عملية الامتصاص إلا ان ارتفاع درجة الحرارة عن هذا الحد يؤدي الى توقف عملية الامتصاص.

٧ – انخفاض درجة حرارة التربة تؤثر سلبيا على نمو النبات وهذا يكون عن طريق تأثيرها على درجة امتصاص الماء من قبل الجذور اضافة الى احداث ضرر في النبات نتيجة فقدان انسجة النبات للماء او تمزق الانسجة النباتية نتيجة انجماد الماء، وتكون بلورات مائية داخل الانسجة عند الانخفاض الحاد لدرجات الحرارة او عند فترات الصقيع. ان قلة امتصاص الماء بانخفاض درجات الحرارة ربما يفسر بتغير درجة لزوجة الماء، ونفاذية الاغشية الخلوية، وكذلك تغير النشاط الفسيولوجي لخلايا الجذر ذاتها.

٨. وتؤثر الحرارة ايضاً على عملية امتصاص العناصر الغذائية التي تؤثر بدورها في نمو النبات. ومعظم التجارب تشير الى انخفاض معدل امتصاص العناصر الغذائية بانخفاض درجة حرارة التربة وهذا ربما يعود الى انخفاض العمليات الحيوية للنبات ومنها عملية التنفس او الى انخفاض درجة نفاذية الاغشية الخلوية. ولقد وجد الباحث Epstein 1971 زيادة في الكمية الممتصة من الفسفور من قبل نبات البطاطا عند تغير درجة الحرارة من ٥ درجة مئوية الى ٢٩ درجة مئوية.

٩. نظراً للعدد الكبير من الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة باختلاف انواعها فانه من الصعب تحديد درجة حرارة مثلى لنشاط هذه الكائنات ولكن بصورة عامة يمكن ان نشير الى ان معظم الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش بالتربة تنمو وتنشط وتتكاثر في درجات حرارة من (٥٠ الى ١٠٤ ف). ومن هذا فان درجة الحرارة تؤثر في نمو النبات وذلك بصورة غير مباشرة عن طريق تأثيرها في الكائنات الحية الدقيقة. ان معظم الكائنات الحية الدقيقة ذاتية التغذية يزداد نشاطها بارتفاع درجة الحرارة.

١٠ – وتتأثر درجة تفاعل التربة ايضاً بتغير درجات الحرارة وهذه بدورها تؤثر في نمو النبات وذلك عن طريق تأثيرها على درجة جاهزية العناصر الغذائية وتركيزها داخل محلول التربة وامتصاص النبات لها. لقد لوحظ بان درجة تفاعل التربة ترتفع في الشتاء وتنخفض في الصيف ولقد عزى السبب بصورة رئيسة الى نشاط الكائنات الحية الدقيقة وعلاقتها بتحرير ثاني اوكسيد الكربون الذي يتفاعل مع الماء ليكون حامض الكربونيك وحوامض اخرى.

١١ – من كل ماذكر يتضح بأن درجة الحرارة تؤثر بصورة مباشرة او غير مباشرة في نمو النبات وفي الحاصل وهذا التاثير اما ان يكون ذا مردود سلبي من الناحية الاقتصادية او ذا مردود ايجابي يتمثل بزيادة الانتاج. ومن الدراسات التي تطرقت الى دور الحرارة في نمو النباتات وانتاجيتها وجد الباحث(Evans, 1975)بأن الدرجة الحرارية المثلى لانبات بذور الحنطة تتراوح بين ٢٠–٢٥ْم تحت الظروف الحقلية. وبينت دراسة الباحثان (Ahmad and Khalaf, 1987) ان نسبة الانبات لنبات الحنطة تزداد عند رفع درجة حرارة التربة من ٨ْم الى ١٦ْم تحت تأثير مستويات رطوبة مختلفة. ودرس (Power et al. 1970) تأثير درجة الحرارة في نمو نبات الشعير تحت ظروف غرف النمو واوضحوا ان نمو النبات يكون بطيئاً عند درجة حرارة ٩ْم حتى مرحلة الورقة الرابعة ثم يزداد عند الدرجة ١٥ْم والتي عدت الدرجة الحرارية المثلى لنمو نبات الشعير، اما عند استخدام درجة الحرارة ٢٢ْم فقد لوحظ انخفاض في حاصل المادة الجافة مقارنة بالدرجتين الحراريتين السابقتين. وأكد ذلك (Chu etal. 1974) عند دراسته لتأثير درجات الحرارة في نمو نبات الشعير حيث وجد بأن نمو المجموع الخضري يثبط بدرجات الحرارة العالية. ووجد (Lawler et al. 1988) خلال دراستهم لنبات الحنطة عند درجات الحرارة المنخفضة من (١٠ْم الى ١٣ْم) وعند درجة الحرارة المرتفعة (١٨ْم الى ٢٣ْم) ان معدل تراكم المادة الجافة ونمو الاجزاء الخضرية يقل عند درجات الحرارة المنخفضة. وفي دراسة للباحثين (Al-Niemi et al. 1994) حول تأثير درجة الحرارة على نمو نبات الحمص وجد تحت ظروف غرف النمو بأن رفع درجة الحرارة من ٢٢ْم الى ٢٨ ْم قد أدى الى انخفاض الاوزان الجافة للجذور والاجزاء العليا للنبات وكذلك ارتفاع النبات وأشاروا الى ان هذا الانخفاض في معايير النمو للنبات ربما يعود الى انخفاض معدل الفعاليات الحيوية للنبات بارتفاع درجة الحرارة وكذلك الى انخفاض معدل امتصاص العناصر الغذائية. ووجد (الدليمي ١٩٩٨) تحت ظروف غرف النمو بأن رفع درجة الحرارة من ١٠ْم الى ١٥ْم والى ٢٠ْم قد ادى الى حصول انخفاض معنوي في حاصل المادة الجافة لنبات الحنطة وكانت نسبة الانخفاض ٣٣٫٣٪ و ٣٧٫٥٪

للمجموع الجذري عند درجتي الحرارة ١٥م و٢٠م على التوالي عند مقارنة ذلك بحاصل المادة الجافة للمجموع الجذري عند درجة الحرارة ١٠م في حين بلغت نسبة الانخفاض للمجموع الخضري لكلا درجتي الحرارة ٢٠٪ و٨,٦٪. ان السبب في انخفاض الاوزان الجافة للمجموعين الجذري والخضري (الجدولين ٥،٦) بارتفاع درجة الحرارة قد يعزى الى انخفاض معدل مختلف العمليات الحيوية للنبات. وكذلك وجد هذا الباحث انخفاض معنوي وبنسبة ٥٤٪ في طول الجذور لنبات الحنطة عند رفع درجة الحرارة من ١٠م الى ٢٠م (جدول ٧) فضلاً عن ان رفع درجة حرارة غرف النمو قد أدى الى حصول انخفاض معنوي في الكمية الممتصة من عنصر النيتروجين وكانت نسبة الانخفاض ٣٥,٦٪ للمجموع الجذري لكلا درجتي الحرارة ١٥م و ٢٠م مقارنة بالدرجة الحرارية ١٠م (الجدول ٨) في حين بلغت نسبة الانخفاض ٧٪ و٣١,٦٪ للمجموع الخضري لدرجتي الحرارة ١٥م و ٢٠م على التوالي مقارنة بدرجة الحرارة ١٠م (الجدول ٩) ، وقد اعزى الباحث سبب هذا الانخفاض في الكمية الممتصة من النيتروجين للمجموعين الجذري والخضري بارتفاع درجات الحرارة الى الانخفاض الحاصل بالمادة الجافة للمجموعين الجذري والخضري بارتفاع درجات الحرارة.

٣ ـ الضوء

يُعَد الضوء من العوامل المهمة والمؤثرة في نمو النبات ويقصد بالضوء هنا شدة الضوء ومدته او الفترة الزمنية. يؤثر الضوء في العمليات الحيوية التي يقوم بها النبات مثل عملية التركيب الضوئي. التي تزداد بازدياد شدة الضوء ويساعد كذلك في عملية استهلاك ثاني اوكسيد الكاربون وتحويله الى سكريات في عملية التركيب الضوئي. اضافة الى تاثيره في عملية انبات البذور والتزهير. ويؤثر الضوء كذلك اضافة الى ماذكر في عملية امتصاص العناصر الغذائية من قبل النبات ولقد وجد في احد التجارب من لدن الباحثين اليابانيين ان زيادة شدة الضوء ادت الى زيادة الكمية الممتصة من النتروجين (على شكل امونيا) والكبريت (على شكل كبريتات) والماء من قبل نبات الحنطة ولكن كان تاثير زيادة شدة الضوء على امتصاص الكالسيوم والمغنيسيوم قليل. إن أخذ جذور النبات للاوكسجين يزداد بازدياد شدة الضوء.

جدول (٥)

تأثير السماد النتروجيني والرطوبة ودرجات الحرارة في الاوزان الجافة للمجموع الجذري (غم / نبا في مرحلة الورقة الثانية لاصنـــاف الحنطـــة الخمســــة في غرف النمو .

درجات الحرارة	السعة الحقلية %	مستويات التسميد	الاصنـــــاف: ابو غريب ٣	المدناوية	انتصار	تموز ٢	مكسيباك ٦٥	تأثير الحرارة	تأثير الرطوبة	تأثير التسميد
١٠ م°	٧٥	غير مسمد	٠,٠٣١	٠,٠٢٥	٠,٠٢٠	٠,٠١٥	٠,٠٢٢			
		٢٠ملغم	٠,٠٤٤	٠,٠٤٤	٠,٠٣٩	٠,٠١٧	٠,٠٢٩			
		٤٠ملغم	٠,٠٣٣	٠,٠٣٢	٠,٠٣١	٠,٠١٩	٠,٠١٧			
	٥٠	غير مسمد	٠,٠١٧	٠,٠١٢	٠,٠٢٠	٠,٠١٣	٠,٠٢١			
		٢٠ملغم	٠,٠٢٠	٠,٠١٧	٠,٠٣٠	٠,٠٢١	٠,٠٢٨			
		٤٠ملغم	٠,٠١٧	٠,٠١٣	٠,٠٢٩	٠,٠١٩	٠,٠٣٤			
١٥ م°	٧٥	غير مسمد	٠,٠١٠	٠,٠١٠	٠,٠١١	٠,٠١٩	٠,٠٠٩			
		٢٠ملغم	٠,٠١١	٠,٠١٤	٠,٠١٩	٠,٠١٤	٠,٠١١			
		٤٠ملغم	٠,٠١٠	٠,٠١١	٠,٠١٢	٠,٠١٩	٠,٠٠٩			
	٥٠	غير مسمد	٠,٠١٨	٠,٠١٣	٠,٠٢٣	٠,٠٢٢	٠,٠١٥			
		٢٠ملغم	٠,٠٢٠	٠,٠٢٠	٠,٠٢١	٠,٠٢٤	٠,٠٢٢			
		٤٠ملغم	٠,٠١٥	٠,٠١٥	٠,٠١٩	٠,٠٢٩	٠,٠١٧			
٢٠ م°	٧٥	غير مسمد	٠,٠١٧	٠,٠١٣	٠,٠٠٨	٠,٠٢٤	٠,٠٢٥			
		٢٠ملغم	٠,٠٢٣	٠,٠١٧	٠,٠١٦	٠,٠٢١	٠,٠٢٣			
		٤٠ملغم	٠,٠١٩	٠,٠١٥	٠,٠١٤	٠,٠١٨	٠,٠٢١			
	٥٠	غير مسمد	٠,٠١٢	٠,٠٠٨	٠,٠١٣	٠,٠١٩	٠,٠٢٠			
		٢٠ملغم	٠,٠١٥	٠,٠١٠	٠,٠١١	٠,٠١٧	٠,٠١٧			
		٤٠ملغم	٠,٠٠٨	٠,٠٠٧	٠,٠١٠	٠,٠٢٦	٠,٠١٦			
الاصناف Xالحرارة		١٠ م°	٠,٠٢٧ ب	٠,٠٢٤ ث	٠,٠٢٨ أ	٠,٠١٨ ج	٠,٠٢٥ ت	٠,٠٢٤ أ		
		١٥ م°	٠,٠١٤ د	٠,٠١٤ د	٠,٠١٨ ح	٠,٠٢٠ ج	٠,٠١٤ د	٠,٠١٦ ب		
		٢٠ م°	٠,٠١٦ خ	٠,٠١١ ذ	٠,٠١٤ د	٠,٠١٩ ج	٠,٠١٩ هـ	٠,٠١٥ ت		
الاصناف Xالرطوبة		٧٥ %	٠,٠٢٢ أ	٠,٠٢٠ أ ب	٠,٠٢٠ أ ب	٠,٠١٧ ت ث	٠,٠١٨ ب ت		٠,٠١٩ أ	
		٥٠ %	٠,٠١٦ ب ت	٠,٠١٣ ث	٠,٠٢٠ أ ب	٠,٠٢٢ أ ب	٠,٠٢١ أ ب		٠,٠١٨ ب	
الاصناف xالتسميد		غير مسمد	٠,٠١٨ أ ب	٠,٠١٣ ب	٠,٠١٨ أ ب	٠,٠١٩ أ ب	٠,٠١٩ أ ب			٠,٠١٦ ت
		٢٠ملغم	٠,٠٢٢ أ ب	٠,٠٢٠ أ ب	٠,٠٢٣ أ	٠,٠٢١ أ ب	٠,٠٢٢ أ ب			٠,٠٢١ أ
		٤٠ملغم	٠,٠١٧ أ ب	٠,٠١٥ أ ب	٠,٠١٩ أ ب	٠,٠١٩ أ	٠,٠١٩ أ ب			٠,٠١٧ ب
تأثير الاصناف			٠,٠١٩ ب	٠,٠١٦ ث	٠,٠٢٠ أ	٠,٠٢٠ أ	٠,٠٢٠ أ			

جدول (٩)

تأثير درجة الحرارة والرطوبة والسماد النتروجيني في الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم/نبات) في مرحلة الورقة الثانية لاصنـــاف الحنطـة الخمســـة في غرف النمو .

درجات الحرارة	السعة الحقلية %	مستويات التسميد	الاصناف: ابو غريب ٣	المدائنية	نصار	تموز ٢	مكسيباك ٦٥	تأثير الحرارة	تأثير الرطوبة	تأثير التسميد
١٠ م°	٧٥	غير مسمد	٠,٠٣٢	٠,٠٢٤	٠,٠٢٤	٠,٠٢١	٠,٠٢٦			
		٢٠ملغم	٠,٠٤٢	٠,٠٤١	٠,٠٣٩	٠,٠٢٣	٠,٠٣٤			
		٤٠ملغم	٠,٠٥٢	٠,٠٤٣	٠,٠٤٤	٠,٠٢٨	٠,٠٤٢			
	٥٠	غير مسمد	٠,٠١٩	٠,٠١٦	٠,٠٢٩	٠,٠٢١	٠,٠٣٠			
		٢٠ملغم	٠,٠٢٥	٠,٠٢٣	٠,٠٤٩	٠,٠٣٧	٠,٠٣٩			
		٤٠ملغم	٠,٠٣٢	٠,٠٢٧	٠,٠٦٢	٠,٠٤١	٠,٠٤٩			
١٥ م°	٧٥	غير مسمد	٠,٠٢٨	٠,٠١٨	٠,٠٣٠	٠,٠٢٤	٠,٠١٦			
		٢٠ملغم	٠,٠٢٨	٠,٠٢٨	٠,٠٣٢	٠,٠٢٤	٠,٠١٨			
		٤٠ملغم	٠,٠١٩	٠,٠٢٦	٠,٠٧٤	٠,٠١٩	٠,٠١٥			
	٥٠	غير مسمد	٠,٠٢٨	٠,٠٢٧	٠,٠٣٢	٠,٠٢٨	٠,٠٢٣			
		٢٠ملغم	٠,٠٢٩	٠,٠٣٦	٠,٠٥٠	٠,٠٢٧	٠,٠٢٧			
		٤٠ملغم	٠,٠٢٣	٠,٠٣٥	٠,٠٣٦	٠,٠٣٣	٠,٠٢٥			
٢٠ م°	٧٥	غير مسمد	٠,٠١٨	٠,٠٢٤	٠,٠٤٧	٠,٠٤٦	٠,٠٥٣			
		٢٠ملغم	٠,٠٢٤	٠,٠٢٨	٠,٠٤٣	٠,٠٤٠	٠,٠٤٧			
		٤٠ملغم	٠,٠٢٦	٠,٠٣٢	٠,٠٤٠	٠,٠٣٧	٠,٠٤٩			
	٥٠	غير مسمد	٠,٠١٣	٠,٠١٨	٠,٠٤٢	٠,٠٣٨	٠,٠٥٦			
		٢٠ملغم	٠,٠١٦	٠,٠٢٤	٠,٠٣٢	٠,٠٣٣	٠,٠٤٨			
		٤٠ملغم	٠,٠١٧	٠,٠٢٠	٠,٠٢٧	٠,٠٢٢	٠,٠٣١			
الاصناف Xالحرارة		١٠ م°	٠,٠٣٤ ح	٠,٠٢٩ د	٠,٠٤١ ب	٠,٠٢٧ ذ	٠,٠٣٦ حـ	٠,٠٣٤ أ		
		١٥ م°	٠,٠٢٦ ز	٠,٠٢٨ د	٠,٠٣٢ خ	٠,٠٢٦ ع	٠,٠٢١ ش	٠,٠٢٧ ب		
		٢٠ م°	٠,٠١٩ ص	٠,٠٢٤ س	٠,٠٣٩ ت	٠,٠٣٦ ث	٠,٠٤٧ أ	٠,٠٣٣ أب		
الاصناف Xالرطوبة		٧٥ %	٠,٠٣٠ ت ث	٠,٠٢٩ ت ث	٠,٠٣٩ أب	٠,٠٢٩ ت ث	٠,٠٣٣ ب ت		٠,٠٣١ أ	
		٥٠ %	٠,٠٢٣ حـ	٠,٠٢٥ ث حـ	٠,٠٣٩ أ	٠,٠٣٠ ت ث	٠,٠٣٦ أب		٠,٠٣٠ ب	
الاصناف Xالتسميد		غير مسمد	٠,٠٢٣ ث حـ	٠,٠٢١ حـ	٠,٠٣٤ أت	٠,٠٣٠ أث	٠,٠٣٤ أب			٠,٠٢٨ ب
		٢٠ملغم	٠,٠٢٧ أحـ	٠,٠٣٠ ب حـ	٠,٠٣٩ أ	٠,٠٢٩ أث	٠,٠٣٥ أج			٠,٠٣٢ أ
		٤٠ملغم	٠,٠٢٨ أحـ	٠,٠٣١ أث	٠,٠٣٩ أب	٠,٠٣٠ أث	٠,٠٣٤ أب			٠,٠٣٢ أ
تأثير الاصناف			٠,٠٢٦ حـ	٠,٠٢٧ ث	٠,٠٣٧ أ	٠,٠٣٠ ب	٠,٠٣٤ ب			

جدول (٧)

تأثير السماد النتروجيني والرطوبة ودرجات الحرارة في طول الجذور (سم) في مرحلة الورقة الثانية لاصنـــــاف الحنطــــة الخمسة في غرف النمو .

درجات الحرارة المئوية	السعة الحقلية %	مستويات التسميد	الاصنــــــــــــــاف ابوغريب ٣	المدنانية	انتصار	تموز ٢	مكسيباك ٦٥	تأثير الحرارة	تأثير الرطوبة	تأثير التسميد
١٠ م°	٧٥	غير مسمد	١١٦	١٠٧	٢٦٤	٢٦٤	٢٨٨			
		٢٠ملغم	١٢٧	١١٨	٢٣٩	٢١٩	٢٨٢			
		٤٠ملغم	١٩٩	١٢٧	١٦٥	١٦٥	٢٤٥			
	٥٠	غير مسمد	٢٨٦	١١٧	٢٠١	٢٠١	٣٢٦			
		٢٠ملغم	٣٤٧	٤١٠	٢٦٠	٣٢٧	٣٦٣			
		٤٠ملغم	٣٧٥	٤٢٥	٣٣٥	٣٣٥	٣٩٠			
١٥ م°	٧٥	غير مسمد	٦٢٢	٥٠٨	٣١٦	٣٢٧	١٧٣			
		٢٠ملغم	٥١٧	٦٣٨	٥٢٤	٥٧٣	٣٤٠			
		٤٠ملغم	٣٤٤	٣٤٩	٤٤١	٤٣٩	٢١٥			
	٥٠	غير مسمد	٣٨٠	٤٦٠	٤٣٤	٣٦١	٢٢٠			
		٢٠ملغم	٤١٢	٥٢٢	٥١٧	٣٧٨	٢٥٥			
		٤٠ملغم	٢٦٩	٤٣٣	٤٤٩	٣٥٣	٢١٤			
٢٠ م°	٧٥	غير مسمد	١٠٢	٤٩١	١٢٥	١٨٠	١٠٨			
		٢٠ملغم	٨٩٤	٤٤٢	٩٩٠	١٧٢	٨٧٩			
		٤٠ملغم	٨٥١	٤١٠	٨١٤	١٤٠	١٠٤			
	٥٠	غير مسمد	٦٣٩	١٢٠	٢٢١	٢٦٠	١٢٧			
		٢٠ملغم	٥١٨	٩٧٣	١٧٨	٢٢٠	١١٦			
		٤٠ملغم	٣٦٢	٧٨٢	١٥٤٦	١٩٦٥	٨٨٤			
الاصناف Xالحرارة		١٠ م°	٢٤٢ ث	٢١٧ ث	٢٤٤ ث	٢٥٢ ث	٣١٦ ب ت	٢٥٤ ب		
		١٥ م°	٤٢٤ ب	٤٨٥ ا	٤٤٨ أ ب	٤٠٥ أ ب	٢٣٦ ث	٤٠٠ ا		
		٢٠ م°	٧١٥ ج	٧١٦ ج	١٤٣ حـ	١٩٦ حـ	١٠٢ حـ	١١٧ ث		
الاصناف Xالرطوبة		٧٥ %	٢٤٥ ب ث	١٢٠ ث	٢٥١ أ ث	٢٧٦ أ ت	٢٠٦ ث		٢٤٠ ب	
		٥٠ %	٤٢٧ ب ث	٢٩٦ أ ب	٣٠٥ ا	٢٩٢ أ ب	٢٣٤ ت ث		٢٧٥ ا	
الاصناف Xالتسميد		غير مسمد	٢٦٢ أ ت	٢٢٧ ت	٢٦٠ أ ت	٢٦٣ أ ث	٢٠٧ ت			٢٤٤ ب
		٢٠ملغم	٢٥٨ أ ت	٣٠٥ أ ب	٣٠٤ أ ث	٣١٥ ا	٢٤٠ أ ت			٢٨٤ ا
		٤٠ملغم	٢١٨ أ ت	٣٤٢ أ ت	٢٧١ أ ت	٢٧٢ أ ت	٢١٢ أ ت			٢٤٣ ب أ
تأثير الاصناف			٢٤٦ ت	٢٥٨ ب	٢٧٦ أ	٢٨٤ أ	٢٢٠ ث			

جدول (٨)

تأثير السماد النتروجيني والرطوبة ودرجات الحرارة في الكمية الممتصة من النتروجين ملغم / غم وزن جاف للمجموع الجذري في مرحلة الورقة الثانية لاصنـــــاف الحنطـــة الخمســـــة في غـــرف النمو .

درجات الحرارة	الصفة الحقلية %	مستويات التسميد	الاصنـــــــاف: ابو غريب ٣	العدنانية	انتصار	تموز ٢	مكسيباك ٦٥	تأثير الحرارة	تأثير الرطوبة	تأثير التسميد
١٠ م°	٧٥	غير مسمد	٠,٤٣	٠,٦٠	٠,٤٦	٠,٣٨	٠,٥٩			
		٢٠ملغم	٠,٦٦	١,١٩	١,٣٣	٠,٨٥	٠,٩٣			
		٤٠ملغم	٠,٥٦	١,٢٥	١,٣٣	٠,٥٠	٠,٦٣			
	٥٠	غير مسمد	٠,٢٧	٠,٢٦	٠,٥٠	٠,٣٤	٠,٥٩			
		٢٠ملغم	٠,٤٨	٠,٥٦	١,٠٥	١,١٣	٠,٩٥			
		٤٠ملغم	٠,٤٨	٠,٤٩	١,٤٨	١,٠٨	١,٣٦			
١٥ م°	٧٥	غير مسمد	٠,١٢	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,٤٤	٠,٢٠			
		٢٠ملغم	٠,١٧	٠,٤٢	٠,٦٨	٠,٤٦	٠,٣٣			
		٤٠ملغم	٠,١٦	٠,٣٦	٠,٤٧	٠,٣٧	٠,٣٩			
	٥٠	غير مسمد	٠,٣٦	٠,٣٩	٠,٦٢	٠,٥٥	٠,٣٦			
		٢٠ملغم	٠,٥٦	٠,٦٢	٠,٥٧	٠,٨٩	٠,٧٧			
		٤٠ملغم	٠,٥٠	٠,٥٧	٠,٨٧	١,٣٣	٠,٧٧			
٢٠ م°	٧٥	غير مسمد	٠,٢٧	٠,٢٢	٠,٤٥	٠,٦٠	٠,٤٥			
		٢٠ملغم	٠,٦٢	٠,٤٩	٠,٦١	٠,٦٧	٠,٥١			
		٤٠ملغم	٠,٥٣	٠,٥١	٠,٦١	٠,٨٣	٠,٦١			
	٥٠	غير مسمد	٠,٢٢	٠,١٥	٠,٣٤	٠,٥٥	٠,٣٨			
		٢٠ملغم	٠,٤٢	٠,٣٣	٠,٤٠	٠,٦٨	٠,٤٣			
		٤٠ملغم	٠,٥٦	٠,٢٦	٠,٤٥	٠,٨٦	٠,٤٨			
الاصناف X الحرارة		١٠ م°	٠,٥١ حـ	٠,٧٢ ث	٠,٩٨ أ	٠,٦٢ ث	٠,٨٣ ب	٠,٧٣ أ		
		١٥ م°	٠,٢٩ خ	٠,٤٢ ح	٠,٥٩ ث	٠,٦١ ث	٠,٤٦ جـ	٠,٤٨ ب		
		٢٠ م°	٠,٤٠ ح	٠,٣١ خ	٠,٤٩ جـ	٠,٦٨ ث	٠,٤٦ جـ	٠,٤٧ ب		
الاصناف X الرطوبة		٧٥ %	٠,٤٠ جـ	٠,٥٦ ث	٠,٦٦ ب	٠,٥٦ ث	١,٥٢ ث		٠,٥٥ ب	
		٥٠ %	٠,٤٠ جـ	٠,٤٠ جـ	٠,٧٠ ب	٠,٨٢ أ	٠,٦٥ ب		٠,٥٩ أ	
الاصناف X التسميد		غير مسمد	٠,٢٩ خ	٠,٢٩ خ	٠,١٣ ح	٠,٤٣ ح	٠,٤٤ ح			٠,٣٨ ب
		٢٠ملغم	٠,٥١ حـ	٠,٦٢ ث	٠,٧٨ ب	٠,٧٨ ب	٠,٦٦ ث			٠,٦٧ أ
		٤٠ملغم	٠,٤٤ ح	٠,٥٦ ع	٠,٨٤ أ	٠,٨٥ أ	٠,٧٢ ث			٠,٦٨ أ
تأثير الاصناف			٠,٤٠ ث	٠,٤٨ ث	٠,٦٨ أ	٠,٧٠ أ	٠,٦٠ ب			

جدول (٩)

تأثير السماد النتروجيني والرطوبة ودرجات الحرارة في الكمية الممتصة من النتروجين ملغم / غم وزن جاف للمجموع الخضري في مرحلة أكتمال الورقة الثانية لاصنـــــاف الحنطـــة الخمســـة في غـــرف النمو .

درجات الحرارة	السعة الحقلية %	مستويات التسميد	الاصنـــــاف ابو غريب ٣	العدنانية	انتصار	تموز ٢	مكسيباك ٦٥	تأثير الحرارة	تأثير الرطوبة	تأثير التسميد
١٠ م°	٧٥	غير مسمد	٠,٢٦	٠,٣٦	٠,٤١	٠,٢٥	٠,٤٤			
		٢٠ملغم	٠,٤٦	٠,٧٠	٠,٧٠	٤١	٠,٦١			
		٤٠ملغم	٠,٦٢	٠,٧٣	٠,٧٩	٠,٥٩	٠,٨٠			
	٥٠	غير مسمد	٠,٢٣	٠,١٩	٠,٥٥	٠,٢٩	٠,٣٩			
		٢٠ملغم	٠,٤٥	٠,٣٩	١,١٨	٠,٤٦	٠,٥٩			
		٤٠ملغم	٠,٦٧	٠,٥٤	١,١٨	٠,٧٤	١,٠٣			
١٥ م°	٧٥	غير مسمد	٠,٣٧	٠,٧٢	٠,٥٧	٠,٤٣	٠,٢٤			
		٢٠ملغم	٠,٤٢	٠,٤٨	٠,٦٤	٠,٦٠	٠,٣٢			
		٤٠ملغم	٠,٢٥	٠,٥٢	٠,٥٣	٠,٥١	٠,٣٢			
	٥٠	غير مسمد	٠,٤٢	٠,٤٩	٠,٦٤	٠,٦٢	٠,٣٧			
		٢٠ملغم	٠,٥٥	٠,٧٧	١,١٠	٠,٧٦	٠,٥١			
		٤٠ملغم	٠,٥٥	٠,٨١	٠,٩٤	٠,٩٢	٠,٥٣			
٢٠ م°	٧٥	غير مسمد	٠,١٣	٠,٧٢	٠,٦٦	٠,٢٣	٠,٣٧			
		٢٠ملغم	٠,١٩	٠,٣٦	٠,٣٠	٠,٢٨	٠,٣٣			
		٤٠ملغم	٠,٢٦	٠,٤٨	٠,٣٢	٠,٣٣	٠,٣٢			
	٥٠	غير مسمد	٠,١٦	٠,٢٠	٠,٢١	٠,٣٤	٠,٣٤			
		٢٠ملغم	٠,٢٦	٠,٣٦	٠,٢٢	٠,٣٣	٠,٣٤			
		٤٠ملغم	٠,٢٩	٠,٣٨	٠,٢٤	٠,٢٤	٠,٢٢			
الاصناف Xالحرارة		١٠ م°	٠,٤٨ ث	٠,٤٩ ت	٠,٧٨ أ	٠,٤٦ ت	٠,٦١ ب	٠,٥٧ أ		
		١٥ م°	٠,٤٢ ث	٠,٥٠ ت	٠,٦٧ ب	٠,٦٥ ب	٠,٣٨ ث	٠,٥٣ ب		
		٢٠ م°	٠,٢٣ جـ	٠,٣٤ جـ	٠,٣١ جـ	٠,٣٢ جـ	٠,٧٥	٠,٣٩ ث		
الاصناف Xالرطوبة		٧٥ %	٠,٣٣ خ	٠,٤٤ جـ	٠,٥٨ ب	٠,٤٦ جـ	٠,٤٦ جـ		٠,٤٥ ب	
		٥٠ %	٠,٣٩ ح	٠,٤٣ جـ	٠,٦٩	٠,٥٤ ت	٠,٥٠ ث		٠,٥١ أ	
الاصناف Xالتسميد		غير مسمد	٠,٢٥ جـ	٠,٢٧ جـ	٠,٥٤ ت	٠,٤٢ ث	٠,٤١ ث			٠,٣٦ ث
		٢٠ملغم	٠,٣٨ ث	٠,٥١ ت	٠,٦٢ ب	٠,٥٢ ت	٠,٤٩ ت			٠,٥١ ب
		٤٠ملغم	٠,٤٥ ت	٠,٥٩ بـ	٠,٦٦ أ	٠,٥٧ ب	٠,٥٨ ب			٠,٥٧ أ
تأثير الاصناف			٠,٣٦ ث	٠,٤٣ ت	٠,٥٩ أ	٠,٥١ ب	٠,٤٨ ب			

ومن الناحية التطبيقية يجب ان يؤخذ عامل شدة الضوء بنظر الاعتبار عند الزراعة. فازدياد عدد النباتات في مساحة معينة من الارض عن الحد المعقول يؤدي الى حصول تزاحم بين هذه النباتات على الماء والعناصر الغذائية والضوء مما يؤدي الى انخفاض الحاصل. تختلف النباتات من حيث استجابتها وتأقلمها لطول فترة الضوء واستناداً الى ذلك فقد قسمت النباتات الى ثلاثة اقسام هي :-

١. نباتات النهار الطويل Long day plants

هذه النباتات تحتاج الى أكثر من ١٤ ساعة ضوء و ١٠ ساعات ظلام او أقل. وهذه النباتات لاتزهر في حالة تعرضها الى اقل من هذه المدة المحددة للضوء. ومن هذه النباتات فول الصويا والذرة الصفراء والبيضاء والتبغ والدخن والرز.

٢. نباتات النهار القصير Short day plants

هذه النباتات تحتاج الى اقل من ١٠ ساعات ضوء ومايزيد عن ١٤ ساعة ظلام. ومن هذه النباتات المحاصيل الشتوية كالحنطة والشعير.

٣. نباتات النهار المعتدل Indeterminate plants

هذه النباتات تحتاج الى ١٠-١٤ ساعة ضوء ومن ١٠-١٤ ساعة ظلام من اجل الازهار والنضج. ومن هذه النباتات القطن والباقلاء.

٤. مكونات الهواء الجوي

يحتوي الهواء الجوي على ٠,٠٣٪ من ثاني اوكسيد الكربون حجمياً و ٢٠,٩٩٪ من الاوكسجين. ان ثاني اوكسيد الكربون الجوي ناتج من عملية التنفس للنباتات والحيوانات ، كذلك تعد عملية تحلل المواد العضوية مصدراً مهماً لهذا الغاز. ان لزيادة تركيز ثاني اوكسيد الكربون في الجو الى الحد المعقول يؤدي الى زيادة كمية الحاصل وتحسين نوعيته لانواع مختلفة من النباتات مثل الطماطة والبطاطا والخيار والفاصوليا والباقلاء ونباتات الازهار وهذا ماأثبتته كثير من البحوث والدراسات. إن غاز الاوكسجين مهم جداً للنبات ووجوده بالكميات الملائمة يساعد على زيادة نشاط العمليات الحيوية للنبات ومنها التنفس. بعض الغازات في حالة وجودها في الجو يكون تأثيرها سلبياً على نمو النبات وخاصة في حالة التراكيز العالية منها HF (Hydrofluoric acid) و CO (Carbon monoxide) و SO_2 (Sulfur dioxide) .

٥. تهوية التربة

يعد عامل تهوية التربة من اهم العوامل المؤثرة والضرورية لنمو النبات. والتربة ذات التهوية الجيدة هي التربة التي تحتوي على الكميات اللازمة من الغازات المهمة وتكون هذه الغازات في حالة متجددة وسهلة الحركة خلال مسامات التربة. ان تركيب هواء التربة يختلف من حيث تركيز الغازات عن تركيب الهواء الجوي ، إذ يوجد ثاني اوكسيد الكربون بتركيز ٢,٠-١٪ على حين يوجد الاوكسجين بتركيز ٢٠,٣٪. وهذه النسبة أقل من تركيز الاوكسجين في الهواء الجوي. ان عملية تنفس جذور النبات تعتمد بصورة كبيرة على اوكسجين هواء التربة ، وتجهيز جذور النبات بالكميات اللازمة من الاوكسجين يساعد على حصول عملية التنفس بصورة جيدة مما يؤدي الى تكون الطاقة اللازمة لمختلف العمليات الحيوية التي تقوم بها الجذور ومنها امتصاص العناصر الغذائية اللازمة لسد احتياجات النبات لاكمال دورة حياته. ان تركيب هواء التربة ودرجة تهويتها من حيث ملاءمتها لنمو النبات او العكس يعتمدان على تركيب ونسجة التربة وكذلك على درجة رطوبتها. ان التربة تتكون بصورة عامة من جزء صلب وفراغات فاصلة بين الدقائق المختلفة ويطلق على هذه الفارغات بالمسامات Pore space. وان الوزن الكلي للتربة على الحجم الكلي بما في ذلك حجم المسامات يعبر عنه بالكثافة الظاهرية للتربة Bulk density. اما الكثافة الحقيقية للتربة Particle density فهي الوزن الحقيقي للجزء الصلب من التربة على الحجم بدون المسامات. ان الوحدة التي تقدر بها الكثافة الظاهرية والحقيقية هي غم/ سم^3. وان الكثافة الحقيقية لاي تربة تبقى ثابتة (تتراوح الكثافة الحقيقية للترب بحدود ٢,٦٠ – ٢,٧٥) ولا تتغير لانها تعتمد على التركيب المعدني لدقائقها اما الكثافة الظاهرية فتتأثر كثيراً بالعمليات الزراعية وباستعمال التربة. لذلك فالاتربة ذات التركيب الحبيبي تكون ذات كثافة ظاهرية منخفضة وذلك لكون وزنها الى وحدة الحجم يكون منخفضاً اي ذا درجة مسامية جيدة. على حين الترب المضغوطة وذات التركيب الرديء على العكس من ذلك وهي ان كثافتها الظاهرية مرتفعة. ومن هذا نجد العلاقة الاتية:

كلما ارتفعت الكثافة الظاهرية للتربة انخفضت مساميتها والعكس صحيح ايضاً. من هذا يتضح ان تركيب [illegible] تأثير مباشر في كثافتها الظاهرية التي بدورها تؤثر في المسامية والتي تؤثر في درجة [illegible] احتوائها على [illegible] الكثافة الظاهرية للتربة [illegible] قلة التهوية يؤدي الى :

١. قلة نمو النبات. والتأثير يكون كبيراً وواضحاً في مرحلة نمو البادرات.
٢. زيادة مقاومة التربة الميكانيكية لنمو الجذور وتعمقها.
٣. انخفاض معدل انتشار الاوكسجين في مسامات التربة وبذلك يتأثر معدل تنفس الجذور وتقل الطاقة المجهزة للنبات.
٤. انخفاض معدل اكسدة المادة العضوية للتربة نتيجة انخفاض معدل نشاط الكائنات الحية الدقيقة الهوائية. كذلك تكون فعالية البكتريا المتخصصة في اكسدة عنصري النتروجين والكبريت منخفضة في الترب ذات التهوية الرديئة. ومن هذا يتضح بأن تكاثر الكائنات الحية الدقيقة يقل برداءة التهوية ولا تستطيع ان تقوم بفعالياتها الحيوية بصورة جيدة عدا الكائنات الحية غير الهوائية.
٥. انخفاض معدل امتصاص العناصر الغذائية بقلة التهوية نتيجة لتأثر نمو الجذور وتعمقها.
٦. تحت الظروف غير الهوائية تتجمع مركبات تضم مواد سامة للنبات مثل الأثيلين، وغاز الميثان، وكبريتيد الهيدروجين، والسيانيد والحامض الزبدي Butyric acid وغيرها من الحوامض الدهنية، نتيجة العمليات الحيوية للكائنات الحية الدقيقة غير الهوائية.
٧. إن قلة التهوية تؤدي الى قلة تكون الهرمونات النباتية مثل السايتوكانين والجبرلين.

ان تهوية التربة تتاثر ايضاً بمحتوى التربة الرطوبي وبصورة عامة يمكن القول ان كمية هواء التربة تتناقص بازدياد محتوى التربة من الماء اذ ان الهواء الذي يملأ مسامات التربة الكبيرة قد استبدل بالماء ولهذا فان زيادة محتوى التربة الرطوبي يقلل من العمليات الهوائية وبذلك تتحفز العمليات غير الهوائية. من هذا يتضح بانه يجب ان تكون الاتربة ذات صرف جيد، اذ في رداءة التصريف تحصل ظروف الاختزال في التربة التي توثر في العمليات الحيوية والمعدنية التي تجرى داخل التربة والتي بدورها ذات تأثير مهم في نمو النبات. وسوف نتكلم في الفصول القادمة على شرح عمليات الاختزال في التربة وعلاقتها بمحتواها الرطوبي وتأثير ذلك على جاهزية العناصر الغذائية للنبات وتركيز هذه العناصر في التربة والنبات.

٦. درجة تفاعل التربة (PH)

يقصد بدرجة تفاعل التربة اوالرقم الهيدروجيني للتربة باللوغاريتم السالب لنشاط وتركيز ايون الهيدروجين فيها. أن درجة تفاعل التربة توثر في تطور ونمو النبات، اذ لها علاقة

كبيرة بدرجة ذوبان العناصر الغذائية المختلفة. وكذلك فان لدرجة تفاعل التربة تاثيراً كبيراً في نمو الكائنات الحية الدقيقة في التربة التي بدورها تلعب دوراً كبيراً في نمو النبات. كما لها علاقة في انتشار او قلة انتشار الامراض النباتية المختلفة. من هذا يتضح ان لدرجة تفاعل التربة تأثيراً مباشراً وغير مباشر في نمو النبات. وسوف نأتي الى شرح كل ماذكر بصورة مفصلة في الفصل الثالث لما لهذا العامل من دور مهم في نمو النبات.

٧. محتوى التربة من العناصر الغذائية

يعد عامل محتوى التربة من العناصر الغذائية، من اهم العوامل المؤثرة في نمو النبات. وهذا الموضوع يضم نقاطاً وتفرعات عديدة، منها: انواع العناصر الغذائية ودرجة تيسرها للنبات، والعناصر الضرورية وغير الضرورية لنمو النبات، والعوامل المؤثرة في جاهزية العناصر الغذائية، والنبات وعلاقته بامتصاص العناصر الغذائية. وكذلك يتطرق هذا الموضوع باسهاب عن محتوى التربة من كل عنصر من العناصر الغذائية ومصدر هذا العنصر واشكاله والعوامل المؤثرة في جاهزيته، وتفاعلات هذا العنصر داخل التربة وعلاقة ذلك بنمو النبات، وكما يتطرق هذا الموضوع الى التسميد وانواع الاسمدة وطرق اضافتها ومواعيد الاضافة وكمياتها للتعرف على طرق زيادة محتوى التربة من العناصر الغذائية لسد احتياجات النبات، كل هذه المواضيع ونقاط اخرى هي موضوع كتابنا المنهجي هذا، المتعلق بخصوبة التربة والتسميد لهذا فان فصول هذا الكتاب ستكون التوضيح الشامل لهذا العامل المهم الذي هو محتوى التربة من العناصر الغذائية.

٨. العوامل الحيوية

من العوامل الحيوية المهمة التي تلعب دوراً مهماً في نمو النبات وانتاجية المحاصيل هي:

١ - العامل البشري (الانسان): ويقصد بهذا العامل دور الكادر البشري في جميع اختصاصاته الصناعية والزراعية والاقتصادية في تطوير العملية الزراعية وادخال الحديث في الزراعة عن طريق القيام بالدراسات والبحوث المتعلقة بمجالات الزراعة كافة من اجل زيادة الانتاج كماً ونوعاً واستغلال الارض الاستغلال الافضل.

٢ - الآفات من حيوانات وحشرات: ويقصد بهذا العامل الحيوانات والحشرات المضرة والمتلفة لحقول المحاصيل ومنها الطيور، وجرذان الحقل، والخنازير البرية والارانب، والحشرات الضارة بانواعها كافة.

٣- الامراض التي تصيب النباتات والتي تكثر في بيئة معينة وتحت ظروف خاصة.

٤- الكائنات الحية الدقيقة: هذه الكائنات المجهرية منها الضارة ومنها النافع للنبات. هنالك الكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بتحليل المواد العضوية الموجودة في التربة وكائنات اخرى لها دور مباشر بزيادة جاهزية وامتصاص العناصر الغذائية الصعبة الحركة مثل المايكرورايزي. هذه الكائنات تكون نافعة، وهنالك كائنات مجهرية ضارة تؤدي الى تلف المحاصيل ورداءة الانتاج كماً ونوعاً وذلك عن طريق نشر الامراض المختلفة في التربة او على النباتات.

٥- الادغال ويقصد بها جميع النباتات البرية وغير البرية وغير المرغوب بوجودها في الحقل مع المحصول الاقتصادي. هذه النباتات تعمل على مزاحمة ومنافسة المحصول المزروع على الماء والعناصر الغذائية والضوء وغيرها من العوامل المهمة في نمو النبات.

الفصل الثالث

3.0 أسس ومفاهيم أولية في خصوبة التربة والتسميد

3.1 مكونات التربة

التربة نظام يتكون من مواد غير متجانسة تشكل ثلاث أطوار مختلفة الصفات وهي الطور الصلب والطور السائل والطور الغازي :

الطور الصلب

يعد الطور الصلب ، المتكون من المواد الأولية للتربة حصيلة للعمليات الفيزياوية والكيمياوية والحيوية ، والمخزن الرئيس لمعظم العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات لاكمال دورة حياته ويشمل الطور الصلب جزئين رئيسيين **هما** :

الجزء المعدني Inorganic portion
الجزء العضوي Organic Portion

الجزء المعدني : يتألف من حبيبات معدنية مختلفة الأقطار والأحجام وذلك لاختلاف أصل مكوناتها ، بعضها خشن يمكن رؤيته بالعين المجردة وبعضها يصل الى قطر دقيق جداً لايمكن رؤيته حتى بالميكروسكوب العادي . وعليه فقد وجد نظام لتوزيع هذه الحبيبات حسب أحجامها وهذا النظام هو نظام عالمي لجمعية علوم التربة ويشمل :

رمل خشن قطر حبيباته ٢,٠ – ٠,٢ ملم
رمل ناعم قطر حبيباته ٠,٢ – ٠,٠٢ ملم
سلت (غرين) قطر حبيباته ٠,٠٢ – ٠,٠٠٢ ملم
طين قطر حبيباته أقل من ٠,٠٠٢ ملم

وهناك نظام آخر وهو النظام الأميركي لتوزيع هذه الحبيبات ويشمل :

رملاً خشناً جداً حبيباته ٢,٠ - ١,٠ ملم

رملاً خشناً قطر حبيباته ١,٠ - ٠,٥ ملم

رملاً متوسطاً قطر حبيباته ٠,٥ - ٠,٢٥ ملم

رملاً ناعم قطر حبيباته ٠,٢٥ - ٠,١٠ ملم

رملاً ناعماً جداً قطر حبيباته ٠,١٠ - ٠,٠٥ ملم

السلت (الغرين) قطر حبيباته ٠,٠٥ - ٠,٠٠٢ ملم

الطين قطر حبيباته أقل من ٠,٠٠٢ ملم

الجزء المعدني للتربة يتكون من :

١ - المعادن الأولية Primary minerals

هذه المعادن تكونت وتبلورت عندما بردت الكتلة الملتهبة والمنصهرة في باطن الأرض لتكون الصخور التي بدورها تعرضت الى عوامل تعرية طبيعية لتكون المعادن الأولية للطور الصلب من التربة وهذه المعادن تضم في تركيبها مختلف العناصر التي تدخل في تغذية النبات وأهم هذه المعادن :

Hornblende $Ca_2Al_2Mg_2Fe_3,Si_6O_{22}(OH)_2$

Quartz SiO_2

Micas

Muscovite K $Al_3Si_3O_{10}(OH)_2$

BiotiteK Al $(Mg,Fe)_3Si_3O_{10}(OH)_2$

microcline

K $AlSi_3O_8$

orthoclase

Na Plagioclase Na $AlSi_3O_8$[Feldspar]

Ca plagioclase Ca Al_2O_8[Feldspar]

Augite $Ca(Mg,Fe,Al)(Si,Al)_2O_6$

٢ - المعادن الثانوية

تنشأ هذه المعادن الثانوية نتيجة عمليات التعرية وخاصة التعرية الكيمياوية للمعادن الأولية التي تعد الأصل في تكون المعادن الثانوية التي تجهز النبات بالعناصر الغذائية ، وأهم هذه المعادن :

Calcite	$CaCO_3$
Dolomite	$CaMg(CO_3)_2$
Gypsum	$CaSO_4.2H_2O$
Apatite	$Ca_5(PO_4)_3.(Cl,F)$
Limonite	$Fe_2O_3.3H_2O$
Hematite	Fe_2O_3
Gibbsite	$Al_2O_3.3H_2O$
Clay minerals	Al Silicates

وتعد معادن الطين من أهم المعادن الثانوية من حيث علاقتها الكبيرة بخصوبة التربة وتغذية النبات وذلك لكونها مخزناً للعناصر الغذائية بسبب خاصية الاحتفاظ وتبادل أيونات العناصر الغذائية ، ويلعب الطين دوراً مهماً رئيساً في كل التفاعلات الكيمياوية والفيزياوية التي تحصل في التربة وكذلك يؤثر الطين بصورة مباشرة وغير مباشرة على العمليات الحيوية للتربة ، ولهذا فأن للطين تفسيراً لمواضيع أساسية من حيث العلاقة بخصوبة التربة ومن هذه المواضيع :

١ - التبادل الايوني الذي يعد صفة من صفات معادن الطين التي يكتسبها من دقة حبيباته ومع الماء يشكل نظاماً غروياً (لاحظ 3.2) .

٢ - يفسر الطين باعتباره مخزناً للعناصر الغذائية وجود العناصر الغذائية في التربة وتأثيرها في نمو النبات .

٣ - يؤثر الطين على الصفات الفيزياوية للتربة التي بدورها تؤثر في نمو النبات . إن الطين ذو مساحة سطحية كبيرة جداً مقارنة بالمساحة السطحية للرمل والسلت ، مثال ذلك أن باوند واحداً (٠,٤٥٤ كغم) من الطين من نوع المونتموريلونيت يحتوي على ٨٧ أيكر (٠,٣٥ كم^2)كمساحة سطحية على حين ان المساحة السطحية لباوند واحد من السلت هي نصف ايكر (٠,٠٠٢ كم^2) وباوند الرمل ذو مساحة تقدر بأربعين قدم مربع . المساحة السطحية للطين تعتمد على نوعية الطين الموجودة في

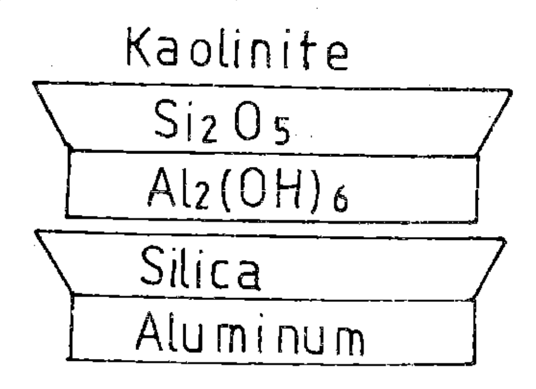
التربة وبدورها تؤثر بصورة كبيرة على الصفات الفيزياوية للتربة مثل مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء Water holding capacity ، وبنوية تجمع حبيبات التربة ، تقلص وتمدد التربة وتشرب التربة بالماء. وكذلك يؤثر الطين على مطاطية ومرونة التربة وحركة الماء في التربة.

٤ - يفسر الطين كذلك عمليات تثبيت العناصر الغذائية ومنها البوتاسيوم والنتروجين (امونيوم). هناك مواضيع اخرى كثيرة يلعب الطين دوراً كبيراً فيها سنأتي الى ذكرها في الفصول القادمة.

لمعادن الطين مجاميع رئيسة مختلفة ومن هذه المجاميع

أولاً: مجموعة الكولنيت Kaolinitic group

تمثل هذه المجموعة بمعدن الكولنيت Kaolinite شكل (٦)، ويعرف هذا المعدن بالمعدن 1:1 ويقصد بذلك بأن طبقة معدن الكولنيت تتكون من صفيحة رباعية الاوجه Tetrahedral sheet من السيكا (Si_2O_5) مرتبطة بصفيحة ثمانية الأوجه Octahedral sheet من الألمنيوم ($Al_2(OH)_6$). ترتبط هاتان الصفيحتان بعضهما مع بعض بقوة بوساطة ذرات الأوكسجين مكونة طبقة واحدة للمعدن الطيني وهذه الطبقة تلتحم بطبقة اخرى بقوة بوساطة روابط الأوكسجين - هيدروكسيل وهذا يؤدي الى جعل تمدد وتوسع وكذلك التبادل الأيوني لهذا المعدن قليل جداً مما يؤدي الى عدم تحرك الماء والعناصر الغذائية (الكاتيونات) بين الصفائح والوحدات العائدة له. وتقدر السعة التبادلية الكاتيونية لهذه المجموعة مابين ٥ - ١٥ مليمكافىء/ ١٠٠ غرام تربة.



شكل (٦) معدن الكولنيت(Soils Handbook U.K. 1970)

هذه المجموعة من المعادن تشكل وتتكون في محيط يتصف بما يلي :-

١ – نسبة SiO_2 الى Al_2O_3 و F_2O_3 هي ٢ او اقل
٢ – درجة تفاعل المحيط (PH) ٧ او اقل
٣– قليل من القواعد الذائبة

ثانياً : مجموعة المونتموورولنيت Montmorillonite group

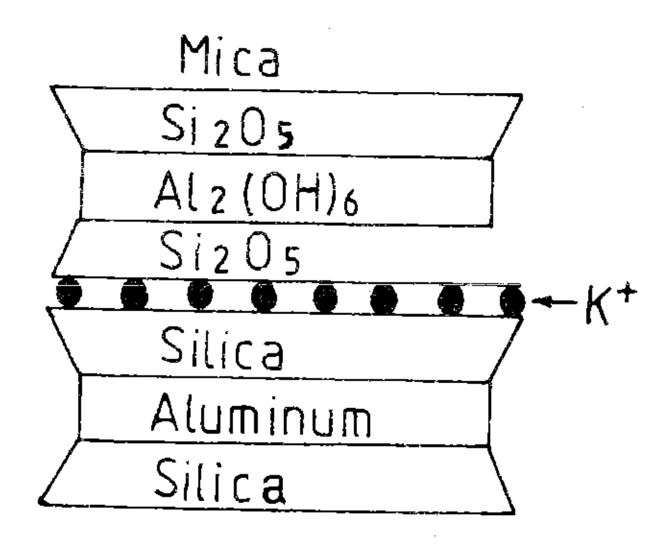
تتمثل هذه المجموعة بمعدن المونتموورولنيت Montmorillonite شكل (٧) ، ويعرف هذا المعدن بالمعدن 2:1 ويقصد بذلك ان طبقة معدن المونتورولنيت تتكون من صفيحتين رباعية الاوجه وهي صفائح السليكا بينها صفيحة واحدة ثمانية الاوجه التي هي صفيحة الالمنيوم . ان وحدات هذا المعدن مرتبطة بعضها ببعض بصورة غير قوية وبذلك يكون توسع وتمدد صفائح ووحدات هذا المعدن كبيراً مما يسهل حركة الماء والكاتيونات بين الصفائح والوحدات . ان السعة التبادلية الكاتيونية لهذا المعدن تقدر مابين ٦٠–١٠٠ مليمكافىء/ ١٠٠ غرام تربة . هذه المجموعة من المعادن تتشكل في محيط يتصف بما يلي :-

١ – نسبة SiO_2 الى Al_2O_3 و Fe_2O_3 تتراوح ما بين ٢–اكثر من ٤ .
٢ – درجة تفاعل المحيط ٧ او اكثر.
٣–كمية عالية من الكالسيوم والمغنيسيوم الذائب والمتبادل .

شكل (٧) معدني المونتموورولنيت والفورمكيولبت (Soils Handbook U.K. 1970)

ثالثاً : مجموعة الاليت Illite group

تمثل هذه المجموعة بمعدن الاليت شكل (٨) ، وهذا المعدن من معادن 2:1 وهو بذلك يشابه تماماً معدن المونتمورولنيت غير ان بعض السليكا استبدل بالالمنيوم ونقص الشحنات عودل بدخول البوتاسيوم. البوتاسيوم يربط بين وحدات هذا المعدن وهذا مايجعل عملية تمدد وتوسع صفائح ووحدات هذا المعدن قليلة ولكنها اكبر من تمدد وتوسع معدن الكولنيت. وتقع صفات معادن هذه المجموعة بين صفات مجموعة الكولنيت ومجموعة المونتمورولنيت. والسعة التبادلية الكاتيونية لهذا المعدن تقدر ما بين ١٠ – ٤٥ مليمكافىء/ ١٠٠ غرام تربة. وتعد معادن الاليت اكثر المعادن تثبيتاً لعنصر البوتاسيوم.



شكل (٨) معدن المايكا (Soils Handbook U.K. 1970)

رابعاً : مجموعة الفورمكيوليت Vermiculite group

تمثل هذه المجموعة بمعدن الفورمكيوليت الذي يشابه المونتمورولنيت من حيث التركيب البنائي ولكنه يختلف عن معدن المونتمورولنيت بما يأتي :–

١ – درجة تشرب المعدن بالماء اقل مما هي عليه في معدن المونتمورولنيت.

٢ – تمدد وتوسع صفائح ووحدات هذا المعدن اقل مما هي عليه في معدن المونتمورولنيت بسبب قلة تشرب هذا المعدن بالماء.

٣ – السعة التبادلية الكاتيونية لمعدن الفورمكيوليت اعلى من السعة التبادلية الكاتيونية

لبقية الجاميع وذلك لوجود شحنات سالبة كثيرة في الصفيحة الرباعية الاوجه ، وتقدر السعة التبادلية الكاتيونية لهذا المعدن بين ١٠٠–١٥٠ مليمكافىء/ ١٠٠ غرام تربة .

٤ – يوجد معدن الفورمكيوليت في المحيط الذي يحتوي على نسبة عالية من المغنيسيوم .

الجزء العضوي هو الجزء المكمل للطور الصلب للتربة ، وهذا الجزء يمثل بالمادة العضوية للتربة التي هي بقايا ومخلفات النبات والحيوان المعرضة لعمليات التحلل داخل التربة بوساطة الكائنات الحية الدقيقة . تعد بقايا النبات من اوراق وسيقان وجذور المصدر الرئيس لمادة التربة العضوية بعد تحللها ، وكذلك تعد الاسمدة الخضراء التي هي نباتات تزرع وتقلب في تربتها في مرحلة من مراحل نموها ، ومن اهم هذه النباتات البقوليات كالجت والبرسيم مصدراً اخر للمادة العضوية . بالاضافة الى ذلك الاسمدة العضوية المضافة الى التربة مثل مخلفات حيوانات الحقل ومخلفات المجازر ، والكائنات الحية الدقيقة والكبيرة كبقايا او مخلفات او نواتج ، اذ تعد ايضاً مصدراً مهماً للمادة العضوية .

ان محتوى التربة السطحية للاتربة المعدنية من المادة العضوية اعتيادياً يتراوح ما بين ٠,٥ الى ٥٪ بالوزن . ولهذه الكمية تأثير كبير وغير مباشر على الصفات الكيمياوية والفيزياوية للتربة التي بدورها تؤثر في نمو النبات . سوف يتم شرح المادة العضوية وتأثيراتها في النبات مفصلاً في الفصول القادمة .

الطور السائل .

بصورة عامة يعرف الطور السائل للعاملين في مجال خصوبة التربة بمحلول التربة الذي يحتوي على الماء ومحاليل الاملاح لايونات الكالسيوم ، والبوتاسيوم ، والصوديوم ، والمغنيسيوم ، والنترات ، والكبريتات والبيكاربونات والكلوريدات . بالاضافة الى ذلك قد توجد كميات قليلة من ايونات اخرى وايضاً مركبات عضوية ناتجة من تحلل مادة التربة العضوية . هذه العناصر الغذائية الموجودة في محلول التربة تكون بصورة عامة جاهزة للامتصاص من قبل النبات لارتفاع درجة ذوبانيتها في محلول التربة . والنبات لايكتفي فقط بما هو موجود من عناصر غذائية في محلول التربة بل يمكنه ايضاً الاستفادة من العناصر الغذائية الموجودة في حالة تبادل على سطوح معادن الطين والمادة العضوية ، وذلك لوجود حالة اتزان بين محلول التربة وسطوح التبادل لمعادن الطين والمادة العضوية للتربة . فيتضح مما سبق ان محلول التربة هو الوسط الذي تحدث فيه معظم التفاعلات الكيمياوية للتربة .

ان حجم مكونات الطور السائل تختلف باختلاف المحتوى الرطوبي للتربة ، اذ انه في حالة ارتفاع المحتوى الرطوبي للتربة نتيجة سقوط الامطار او الري بكميات كبيرة من الماء تمتلىء كل او معظم المسامات الهوائية للتربة بالماء وتكون التربة في هذه الحالة في حالة تشبع وعندما تكون التربة غير جيدة الصرف يحصل التغدق وتكون تهوية التربة رديئة ويقل بذلك نمو النبات ، ولكن اذا كانت التربة حسنة الصرف تفقد بعض الماء من المسامات نتيجة التأثر بالجاذبية الأرضية ينساب الى الماء الارضي . وعند توقف الصرف ووصول التربة الى حالة اتزان تكون قد وصلت الى سعتها الحقلية وتكون تهويتها عند ذلك جيدة ومحتواها من الماء جيد ايضاً . وبذلك تكون ظروف التربة ملائمة لنمو النبات لملاءمتها لقيام التفاعلات الكيمياوية والحيوية في التربة التي يكون من نتائجها تحول العناصر الغذائية من صورتها غير الجاهزة الى صورة جاهزة متيسرة وسهلة الامتصاص من لدن النبات .

الطور الغازي

يعرف الطور الغازي للعاملين في مجال خصوبة التربة بهواء التربة . ويختلف هواء التربة عن الهواء الجوي من حيث محتواه من الغازات كما هو موضح في الآتي :

	الهواء الجوي	هواء التربة
ثاني اوكسيد الكربون	٠,٠٣٪	٠,٢ – ١٪
الاوكسجين	٢٠,٩٩٪	٢٠,٣٪
النيتروجين	٧٨,٩٨٪	٧٨,٧ – ٧٩,٥٪

يلاحظ ان نسبة ثاني اوكسيد الكربون في هواء التربة اعلى بكثير من نسبة ثاني اوكسيد الكربون في الهواء الجوي ، وهذا يعود الى تنفس الكائنات الحية التي تقوم باستهلاك الاوكسجين وتحرر ثاني اوكسيد الكربون ، ومن هنا تتضح اهمية الاوكسجين للكائنات الحية الموجودة في التربة ومنها جذور النبات ، اذ تعتمد في عملياتها الحيوية على عملية التنفس المعتمدة على الاوكسجين المجهز من هواء التربة . ومن اهم هذه العمليات تجهيز النبات بالماء والعناصر الغذائية . وبذلك فان غياب الاوكسجين او قلة وجوده (رداءة تهوية التربة) يؤدي الى حصول اضرار كثيرة بالنبات مما ينتج عن ذلك انخفاض الحاصل .

ان محتوى التربة من الهواء يعتمد على نسبة وحجم المسافات البينية Pore space وهذه يسيطر عليها الطور الصلب للتربة ، وكذلك يتأثر هواء التربة بمدى امتلاء هذه

المسامات البينية بالماء وهذا يسيطر عليه الطور السائل للتربة . وليست كل المسامات البينية للتربة مملوءة بالهواء بل يوجد جزء منها مملوء بالماء ، وفي كل من الاترية الرديئة الصرف والجيدة الصرف تمتليء نسبة كبيرة من المسامات الهوائية بالماء مباشرة بعد الري الكثيف او المطر الغزير. ان بقاء الماء في المسامات الهوائية لفترة من الزمن في الاتربة الجيدة الصرف لايؤدي الى حدوث اضرار في نمو النبات والحاصل ، على حين في الاتربة الرديئة الصرف ، تؤدي زيادة الماء الى حصول اضرار كبيرة في النباتات ، وذلك لزيادة العمليات غير الهوائية التي ينتج عنها تكون مواد سامة تحت ظروف الاختزال ، ناتجة عن الكائنات الحية الدقيقة غير الهوائية وهذه المواد تضم الاثلين وغاز الميثان ، والسيانيد وكبريتيد الهيدروجين. واضافة الى ما ذكر فان ظروف الاختزال في التربة نتيجة الصرف الرديء تؤدي الى انخفاض جاهزية العناصر الغذائية وقلة امتصاص النبات لها وهذا بدوره يؤدي الى ضعف نمو النبات وقلة الحاصل.

3.2 التبادل الايوني

التبادل الايوني هو عملية يقصد بها تبادل الكاتيونات والانيونات بين الطور الصلب للتربة والطور السائل ، ويمكن ان يحصل التبادل بين طورين صلبين في حالة وجودهما بحالة اتصال . والتبادل الايوني عملية عكسية . من هذا التعريف المبسط يتضح بأن التبادل الايوني يضم نوعين من التبادل وهما :

١ – التبادل الكاتيوني

٢ – التبادل الانيوني

التبادل الكاتيوني

يعد التبادل الكاتيوني اكثر اهمية من التبادل الانيوني في التربة ويقصد به احلال او تبادل كاتيون واحد او اكثر محل كاتيون اخر او اكثر على السطوح الغروية للتربة .

وكما ذكرنا مسبقاً بأن الطور الصلب للتربة يتكون من الجزء المعدني والجزء العضوي ، وهذان الجزءان يحتويان على معادن الطين (الجزء المعدني) ومادة الدبال (الجزء العضوي) التي هي مادة المرحلة الاخيرة للتحلل السريع للمادة العضوية والتي تكون فيها عمليات التحلل بطيئة جداً . ان مادة الدبال Humus يمكن تعريفها بانها خليط من مركبات متحللة عن المادة العضوية ومركبات صعبة التحلل ، وهي بذلك مركب غير ثابت اذ ان عملية الانحلال مستمرة فيه وببطء طالما توفرت الظروف الملائمة لذلك . معادن الطين

الثانوية ومادة الدبال هي وسط التبادل الكاتيوني وذلك لكون سطوح هذه المواد تحمل شحنات سالبة مهيأة لجذب الشحنات الموجبة (الكاتيونات) الموجودة في محلول التربة عن طريق التبادل الى حين حصول حالة التعادل والاتزان.

ان مصادر الشحنات السالبة على سطوح وحافات معادن الطين هي :

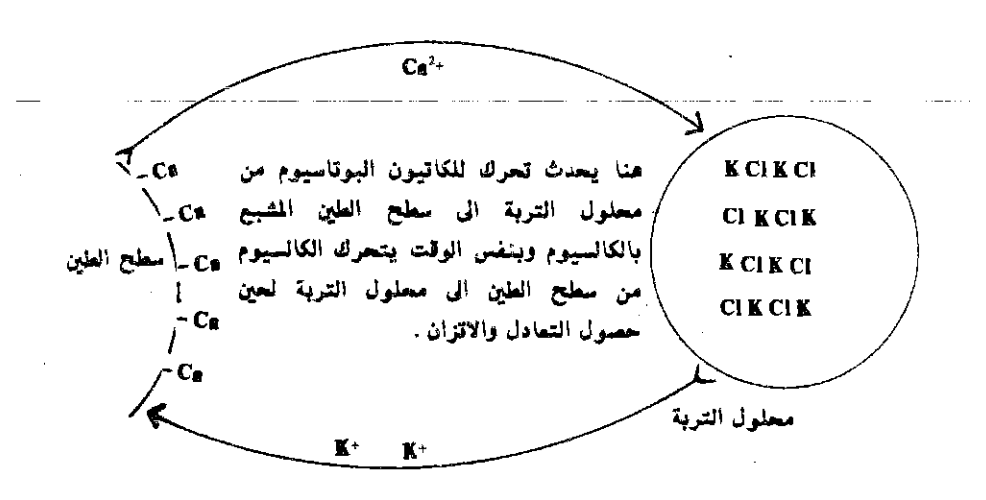
١ - الاحلال المتماثل Isomorphous substitution ويعتقد بانه المصدر الرئيس للشحنات السالبة لمعادن الطين من نوع 2:1.جزء من Si^{4+} في الصفيحة الرباعية الاوجه يكون موضوعاً للاستبدال بوساطة ايونات بنفس الحجم، وهي عادة : Al^{3+}.

ويمكن ان يحصل الاستبدال بين جزء من Al^{3+} في الصفيحة ثمانية الاوجه مع Mg^{2+} بدون حصول اي تأثير على التركيب البلوري للمعدن. ان استبدال ايونات بايونات اقل منها في عدد الشحنات (التكافؤ) يؤدي الى بقاء شحنات سالبة غير معادلة بشحنات موجبة على سطوح وحافات معادن الطين وهذه الشحنات تستغل لجذب الكاتيونات من محلول التربة.

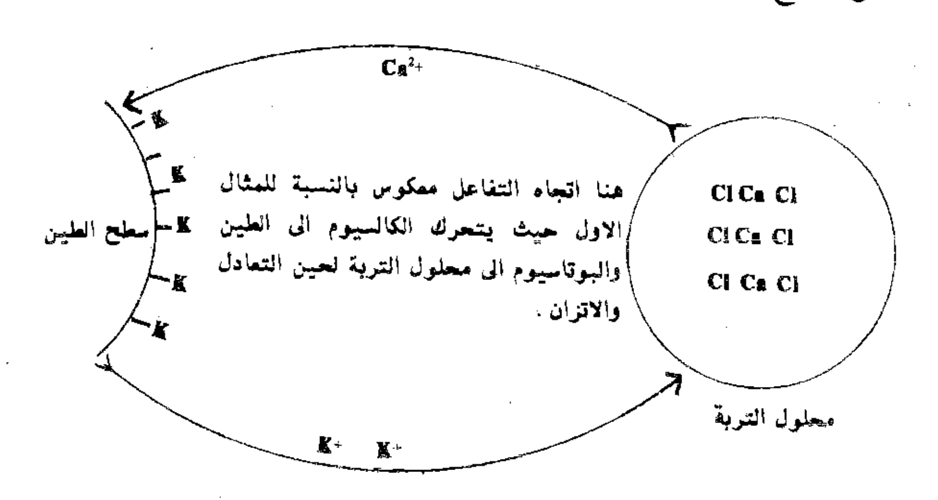
٢ - انحلال الهيدروجين في مجاميع الهيدروكسيل (OH) الموجودة على سطوح وحافات البلورات لمعادن الطين يؤدي الى توليد شحنات سالبة تابعة للاوكسجين قادرة على جذب الشحنات الموجبة (الكاتيونات) الموجودة في محلول التربة الى سطوح معادن الطين. ان ارتفاع درجة تفاعل التربة يزيد من معدل انحلال الهدروجين وتوليد الشحنات السالبة.

ان مصادر الشحنات السالبة على سطوح المادة العضوية تعود الى انحلال الهيدروجين من مجاميع الكاربوكسيل (-COOH) ومجاميع الفينول (-OH) ومجاميع الامينات ($-NH_2$) ومن ذلك تظهر الشحنات السالبة على سطوح المادة العضوية وهذه بدورها تجذب شحنات موجبة (الكاتيونات) الى هذه السطوح لاحلال التعادل او الاتزان الكهربائي.

ان عملية التبادل الكاتيوني بين الكاتيونات المتصلة او المدمصة او المنجذبة الى الشحنات السالبة لمعادن الطين او مادة الدبال وبين الكاتيونات في محلول التربة يمكن ان توضح بالامثلة الاتية :-



الشحنات السالبة الموجودة على سطوح الطين تكون جزءاً منه ومثبتة بجزيئات الطين لاتستطيع الحركة الى محلول التربة . كل شحنة سالبة موجودة على الطين أو في محلول التربة يجب ان يرافقها شحنة موجبة معادلة لها . وبالمثال السابق يلاحظ حصول حركة من محلول التربة الى سطوح الطين وبنفس الوقت حركة معاكسة من سطوح الطين الى محلول التربة ، وذلك من اجل حصول تعادل كهربائي في كلا الجسمين ومرافقة كل انيون كاتيون لمعادلة الشحنة . وحيث إن الكالسيوم ثنائي التكافؤ (شحنتان موجبة) فان هنالك حاجة الى ايونين من البوتاسيوم (احادي التكافؤ= شحنة موجبة واحدة) لكل ايون كالسيوم تحرر من سطوح الطين من اجل حصول التعادل . ومثال آخر يوضح التبادل الكاتيوني :



ان القوة أو شدة ارتباط الكاتيونات بشحنات الطين السالبة تتأثر بعدة عوامل منها :

١ - لنوعية الطين تأثير في قوة الارتباط ونوعيته ، إذ ان معدن المونتموررولنيت له سعة تبادلية كبيرة تؤدي نسبياً الى زيادة ادمصاص أي جذب كاتيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والى قلة ادمصاص البوتاسيوم مقارناً بمعادن الطين الاخرى مثل الكولنيت .

٢ - يلعب الماء دوراً كبيراً في قوة الارتباط ، ومن المعروف أن الايون المتحد بالماء يكون عادة اكبر من نفس الايون غير المتحد بالماء وهذا يؤدي الى جعل قوة ارتباط الايون المتحد بالماء بسطوح الطين اقل من قوة ارتباط الايون غير المتحد بالماء وهذا يعود الى ان الكاتيونات التي تتحد بالماء بصورة كبيرة مثل الصوديوم تكون المسافة بينها وبين سطوح الطين كبيرة . ولهذا فأن جزءاً فقط من الشحنات السالبة يكون مرتبطاً بالايون وليس كل الشحنات وهذا يقلل من قوة الارتباط .

٣ - تزداد قوة ارتباط الكاتيون بسطوح الطين بازدياد عدد الشحنات الكهربائية الموجبة لذلك الكاتيون ، مثال ذلك أن الالمنيوم يكون اقوى ارتباطاً من الكالسيوم والمغنيسيوم وهذا بدورة أقوى من البوتاسيوم ، ومما سلف يمكن ان نضع تسلسلاً للكاتيونات من حيث سهولة تبادلها : وهو ان الصوديوم اسهل الايونات للتبادل يتبعه البوتاسيوم والمغنيسيوم ثم الكالسيوم .

ان سرعة التبادل الكاتيوني بين محلول التربة وسطوح الطين والمادة العضوية تعتمد على عدة عوامل مؤثرة منها :

١ - درجة الحرارة

من المعروف أن الحرارة تعمل على زيادة نشاط التبادل الايوني ، وهذا بالمنظور العام يقوم على اعتبار عملية التبادل الايوني عبارة عن تفاعلات كيمياوية

٢ - الرطوبة (نسبة $\frac{\text{التربة}}{\text{المحلول}}$)

إن زيادة نسبة الرطوبة يؤدي الى زيادة عملية التبادل الكاتيوني والرطوبة هنا تؤثر في النسبة بين التربة والمحلول إذ كلما زادت نسبة المحلول ازداد التبادل .

المحلول	الكالسيوم المتبادل مليمكافىء / ١٠٠ غرام تربة
١ : ١٠٠	٣٣,٠
١ : ٥٠	٣١,٥
١ : ٢٥	٢٩,٥
١ : ١٠	٢٥,٥
١ : ٥	٢٣,٣

٣- التركيز

كلما ازداد تركيز الكاتيون في محلول التربة ازدادت مقدرته على التبادل والاحلال محل كاتيونات اخرى على سطوح الطين والمادة العضوية اي ان زيادة تركيز الكاتيون في محلول التربة يزيد من عملية التبادل الكاتيوني.

كلوريد الصوديوم	الكاتيونات المتبادلة الكالسيوم مليمكافىء /	المغنيسيوم ١٠٠ غرام تربة
٠,٠٠١	٠,١٥	٠,١٢
٠,٠١	١,١٢	٠,٥٠
٠,٠٤	٢,٨٥	١,١١
٠,٢	٨,٣٢	١,٥٦

٤ . التكافؤ

يزداد تبادل الكاتيونات بازدياد تكافئها وهذا يحصل في حالة تساوي التراكيز. فالكاتيون الثنائي أكثر تبادلاً من الكاتيون الاحادي على سطوح الطين والمادة العضوية.

السعة التبادلية الكاتيونية CEC

تختلف الترب كثيراً في مقدرتها على ادمصاص الكاتيونات ولهذا فأن لكل تربة سعة تبادلية كاتيونية تختلف عن الاتربة الاخرى ، والسعة التبادلية الكاتيونية (Cation exchange capacity)هي مقدرة التربة على ادمصاص وتبادل الكاتيونات التي يمكن تعريفها بمقدار الكاتيونات بالمليمكافيء الى تشبع ١٠٠ غم من التربة الجافة . وهناك تعريف اخر للسعة التبادلية الكاتيونية هو ان السعة التبادلية الكاتيونية هي مقياس لكل الشحنات السالبة للتربة مقدرة بالمكافيء أو بالمليمكافيء لكل ١٠٠ غرام تربة .

والمكافيء هو الوزن الذري لغرام واحد من الهيدروجين أو كمية عنصر اخر يتحد بالهيدروجين أو يحل محله . والمليمكافيء هو ملغرام واحد من الهيدرجين أو كمية عنصر اخر يتحد بالهيدروجين او يحل محله . وعلى هذا فان مليمكافيء البوتاسيوم هو ٣٩ ملغرام وذلك لكون الوزن الذري للبوتاسيوم هو ٣٩ وتكافؤه واحد ، وهذا يوضح أن الوزن المكافيء للكاتيون احادي التكافؤ (Na^+, NH_4^+, K^+) والوزن الذري له متساويان ، وتستطيع ان تحل محل H^+ واحد . بالنسبة للكالسيوم (وزنه الذري ٤٠) فأن المليمكافيء له هو ٢٠ ملغراماً وذلك لان هناك حاجة لـ $2H^+$ لتحل محل جزيئة كالسيوم واحدة ، ومن هذا يتضح بأن الكاتيونات ثنائية التكافؤ (Mg^{2+}وCa^{2+}) تستطيع ان تحل محل ايونين من الهيدروجين او تزيحهما ولهذا فأن الوزن المكافيء لها هو الوزن الذري لها مقسوماً على ٢ .

وتقسم الكاتيونات المتبادلة على قسمين اعتماداً على القاعدية والحامضية . الكاتيونات القاعدية تضم الصوديوم (Na^+) ، البوتاسيوم (K^+) ، المغنيسيوم (Mg^{2+}) والكالسيوم (Ca^+) . الكاتيونات الحامضية هي الهيدروجين (H^+) والالمنيوم (Al^{3+}).

ان زيادة محتوى التربة من الطين يؤدي الى زيادة المساحة السطحية لحبيبات التربة ، وهذا يعني ان الترب الغنية بمعادن الطين تكون قادرة على ادمصاص كمية اكبر من الماء والكاتيونات من التربة الفقيرة بالطين . ان التربة الغنية بالطين ذات سعة تبادلية كاتيونية ومقدرة على الاحتفاظ بالماء أعلى من التربة الفقيرة بالطين . لقد اعطى الباحث(Brady 1974)قيماً مختلفة للسعة التبادلية الكاتيونية باختلاف نوعية التربة وهذا يعود الى محتواها من معادن الطين والمادة العضوية ، أي ان زيادة محتوى التربة من الطين والمادة العضوية يؤدي الى زيادة سعتها التبادلية الكاتيونية .

نوعية التربة	السعة التبادلية الكاتيونية مليمكافيء/ ١٠٠ غرام تربة
١ – رملية	٢ – ٣,٥
٢ – مزيجية رملية	٢,٣ – ١٧,١
٣ – مزيجية	٧,٥ – ١٥,٩
٤ – مزيجية سلتية (غرينية)	٩,٤ – ٢٦,٣
٥ – طينية ، مزيجية طينية	٤,٠ – ٥٧,٥

وتوضح الأمثلة الآتية بصورة تقريبية تأثير نوعية الطين ومحتوى التربة من المادة العضوية على السعة التبادلية الكاتيونية. سوف يستند الى الجدول الآتي في حساب السعة التبادلية الكاتيونية للترب بشكل تقريبي.

الجدول المرقم (١٠) السعة التبادلية الكاتيونية لمعادن الطين والدبال

(Thompson and Troeh 1979)

نوعية الطين والدبال	السعة التبادلية الكاتيونية ، مليمكافيء/ ١٠٠ غرام تربة المستعملة في الحساب	المعدل الاعتيادي
الدبال	٢٠٠	١٠٠ – ٣٠٠
الفيرمكيوليت	١٥٠	١٠٠ – ٢٠٠
الالوفين	١٠٠	٥٠ – ٢٠٠
المونتمورولنيت	٨٠	٦٠ – ١٠٠
الاليت	٣٠	٢٠ – ٤٠
الكلوريت	٣٠	٢٠ – ٤٠
الكولونيت	٨	٣ – ١٥

مثال (١)

لديك تربة سوداء اللون مزيجية تحتوي على :

٤ ٪ مادة عضوية

٢٠ ٪ طين (٥٠ ٪ مونتمورولنيت ، ٥٠ ٪ الاليت)

ماالسعة التبادلية الكاتيونية للتربة

٤٪ مادة عضوية ٠,٠٤ × ٢٠٠ = ٨ مليمكافىء

١٠ ٪ مونتمورولنيت ٠,١٠ × ٨٠ = ٨ مليمكافىء

١٠ ٪ الاليت ٠,١٠ × ٣٠ = ٣ مليمكافىء

السعة التبادلية الكاتيونية للتربة هي ٨ + ٨ + ٣ = ١٩ مليمكافىء / ١٠٠ غرام تربة .

مثال (٢)

لديك تربة ذات الصفات الآتية :

٢ ٪ مادة عضوية

٥ ٪ مونتمورولنيت

١٢ ٪ كاولنيت

السعة التبادلية الكاتيونية لهذه التربة هي :

٢ ٪ مادة عضوية ٠,٠٢ × ٢٠٠ = ٤ مليمكافىء

٥٪ مونتمورولنيت ٠,٠٥ × ٨٠ = ٤ مليمكافىء

١٢٪ كاولنيت ٠,١٢ × ٨ = ١ مليمكافىء

٤ + ٤ + ١ = ٩ مليمكافىء / ١٠٠ غرام تربة

مثال (٣)

لديك تربة رطبة ذات محتوى عال من الطين والمادة العضوية وذات الصفات الآتية :

١٥ ٪ مادة عضوية

٣٠ ٪ مونتمورولنيت

١٠ ٪ الاليت

السعة التبادلية الكاتيونية لهذه التربة هي :

٠,١٥ × ٢٠٠ = ٣٠ مليمكافىء

٠,٣٠ × ٨٠ = ٢٤ مليمكافىء

٠,١٠ × ٣٠ = ٣ مليمكافىء

٣٠ + ٢٤ + ٣ = ٥٧ مليمكافىء / ١٠٠ غرام تربة

ان التبادل الكاتيوني في التربة مهم جداً من الناحية التطبيقية ومما سلف اتضح بان الكاتيونات المتبادلة على سطوح التبادل لمعادن الطين والمادة العضوية في حالة توازن مع الكاتيونات الموجودة في محلول التربة ، وهذا يدل على ان الكاتيونات على اسطح التبادل هي خزين للعناصر الغذائية تقوم بتزويد محلول التربة بالكاتيونات في حالة انخفاض تركيزها في محلول التربة وذلك عند استهلاك النبات لهذه الكاتيونات او تعرضها لعوامل الفقد من محلول التربة . كذلك العناصر الموجودة في حالة تبادل تكون اقل عرضة لعمليات الفقد بالغسل من التربة . بالاضافة الى ماذكر يمكن الاستفادة من السعة التبادلية الكاتيونية للتربة عند عمليات التسميد ومعرفة مدى احتياج النبات للعناصر الغذائية نتيجة التعرف على قابلية التربة على التبادل وهناك فوائد اخرى كبيرة تتعلق بالصفات الفيزياوية والكيمياوية للتربة .

التشبع بالقواعد ونسبة التشبع

التشبع بالقواعد صفة من صفات التربة المهمة من حيث علاقتها بخصوبة التربة وامداد النبات بالعناصر الغذائية ، والتشبع بالقواعد مقياس جيد لما تضمه السعة التبادلية الكاتيونية للتربة من عناصر غذائية للنبات. ونسبة التشبع بالقواعد(Base % saturation)هي تلك النسبة من السعة التبادلية الكاتيونية المشغولة بالكاتيونات القاعدية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم .

$$\text{نسبة التشبع بالقواعد} = \frac{\text{مجموع الكاتيونات القاعدية (مليمكافىء/١٠٠ غرام تربة)}}{\text{السعة التبادلية الكاتيونية}} \times ١٠٠$$

مثال (١)

بعد تحليل التربة وجد ان تركيز الكاتيونات القاعدية والسعة التبادلية الكاتيونية للتربة بالمليمكافىء لكل ١٠٠ غرام تربة هي :

Ca	١٠
Mg	٥
K	١٠
Na	٥

السعة التبادلية الكاتيونية ٥٠

$$\% \text{ التشبع بالقواعد } = \frac{١٠ + ٥ + ١٠ + ٥}{٥٠} \times ١٠٠$$

$$= \frac{٣٠}{٥٠} \times ١٠٠$$

$$= ٦٠\%$$

مثال (٢) :

غسل ٢٠ غم من التربة بخلات الامونيوم ووجد فيها الكميات التالية للكاتيونات القاعدية ، علماً بأن السعة التبادلية الكاتيونية للتربة هي ١٥ مليمكافىء / ١٠٠ غرام تربة .

Ca ٠,٠٢ غرام

Mg ٠,٠٠٦ غرام

Na ٠,٠١١٥ غرام

K ٠,٠١٩٥ غرام

وكانت اوزان المليمكافىء للكالسيوم ، والمغنيسيوم ، والصوديوم ، والبوتاسيوم هي على التوالي ٠,٠٢ ، ٠,٠١٢ ، ٠,٠٢٣ و ٠,٠٣٩ ان المليمكافىء لكل من هذه الكاتيونات القاعدية هو

$$Ca = \frac{٠,٠٢}{٠,٠٢} = ١ \text{ مليمكافىء}$$

$$Mg = \frac{٠,٠٠٦}{٠,٠١٢} = ٠,٥ \text{ مليمكافىء}$$

$$Na = \frac{٠,٠١١٥}{٠,٠٢٣} = ٠,٥ \text{ مليمكافىء}$$

$$K = \frac{٠,٠١٩٥}{٠,٠٣٩} = ٠,٠٥ \text{ مليمكافىء}$$

١+٠,٥+٠,٥+٠,٥= ٢,٥ مليمكافىء الكاتيونات القاعدية في ٢٠ غراماً من التربة

٢,٥ × ٥ = ١٢,٥ مليمكافىء في ١٠٠ غرام من التربة

٪ التشبع بالقواعد = $\frac{١٢,٥}{١٥}$ × ١٠٠

= ٨٣,٣٪

ان نسبة التشبع بالقواعد كما ذكر سالفاً انما هي مؤشر لخصوبة التربة ، وتعد التربة خصبة جداً عندما تكون نسبة التشبع بالقواعد فيها ٨٠٪ او اكبر من ذلك ، وتعد التربة متوسطة الخصوبة عندما تكون نسبة التشبع بالقواعد فيها بين ٥٠ - ٨٠٪ ، وتعد غير خصبة عندماتكون نسبة التشبع بالقواعد هي ٥٠ او اقل من ذلك . ان التربة التي تكون نسبة التشبع بالقواعد فيها ٨٠٪ تتحرر الكاتيونات القاعدية المتبادلة فيها بسهولة مقارنة بنفس التربة عندما تكون نسبة التشبع بالقواعد فيها ٥٠٪ . فنسبة التشبع بالقواعد لها علاقة كبيرة بدرجة تفاعل الترب (PH) وهذه العلاقة هي علاقة موجبة ، اذ تكون درجة تفاعل التربة عالية عندما تكون نسبة التشبع بالقواعد عالية . إن الترب في المناطق الجافة وشبه الجافة ذات نسب تشبع بالقواعد اعلى من نسب التشبع بالقواعد لاترية المناطق الرطبة . ويعود انخفاض نسب التشبع بالقواعد لاترية المناطق الرطبة ، الى زيادة تركيز ايون الهيدروجين بين الكاتيونات الاخرى .

التبادل الانيوني

ان تداخل وتفاعل الانيونات مع سطوح الطور الصلب للتربة ، يحصل ولكن بنسبة اقل بكثير من تداخل وتفاعل الكاتيونات مع سطوح الطور الصلب للتربة . ان حبيبات التربة تسودها الشحنات السالبة ، ولكنها ربما تحمل قليل من الشحنات الموجبة التي تكون بدورها معدة للتبادل الانيوني . ان كلا من سطوح الاكاسيد (اكاسيدات وهيدروكسيدات الالمنيوم والحديد) وحافات معادن الطين تحمل شحنات موجبة عندما تكون درجة تفاعل التربة اقل من ٧ ، وعلى هذه السطوح والحافات يحصل ادمصاص للانيونات من محلول التربة .

ان السعة التبادلية الانيونية للتربة (AEC) في اكثر الحالات اقل بكثير من السعة التبادلية الكاتيونية للتربة ، وان تسلسل الانيونات من حيث قوة ادمصاصها هو :

$$SiO_4^{4-} > PO_4^{3-} > SO_4^{2-} > NO_3^{-} = Cl^{-}$$

وهذا التسلسل يوضح ان شدة ادمصاص كل من SiO_4^{4-} و PO_4^{3-} هي اقوى من الانيونات الاخرى ، ويجدر بالذكر ان NO_3^- و SO_4^{2-} يحصل لها ادمصاص بتراكيز قليلة جداً وفي اكثر الاحيان لايحصل لها ادمصاص.

ان التبادل الانيوني يعتمد على درجة تفاعل التربة حيث تزداد الشحنات الموجبة بانخفاض درجة تفاعل التربة فيزداد بذلك التبادل الانيوني . ان الدراسات الجارية حول التبادل الانيوني (عدا ادمصاص واحتفاظ التربة بالفسفور) قليلة جداً ويحتاج هذا الموضوع الى الكثير من الدراسات.

3.3 درجة تفاعل التربة Soil pH

ان درجة تفاعل التربة من العوامل المهمة والمؤثرة في خصوبة التربة وتغذية النبات ، وذلك لعلاقتها الكبيرة في مقدرة التربة على تجهيز النسبة الصحيحة من العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات النامي ، وكذلك تعد درجة تفاعل التربة من المؤشرات المهمة لحاجة التربة من العناصر الغذائية خلال عمليات التسميد لاستصلاح خصوبة التربة وتحسينها لتلبية حاجة النبات من العناصر الغذائية.

ان درجة تفاعل التربة هي : اللوغاريتم السالب لنشاط وفعالية ايون الهيدروجين في التربة .

$$pH = -Log(H^+)$$

وهذه المعادلة الموضحة لتعريف درجة تفاعل التربة اشتقت من

$$pH = Log \frac{1}{H^+}$$

$$pH = Log(1) - log(H^+)$$

وبما ان Log 1 = صفر

إذن

$$pH = 0 - Log(H^+)$$

$$pH = -Log(H^+)$$

ان نشاط وتركيز ايون الهيدروجين هو التركيز بالمولر لغرام واحد من ايون الهيدروجين في لتر واحد(mole/L).هناك نوعان من درجة تفاعل التربة وهما :

١ - درجة التفاعل الفعلية(Actual soil pH).

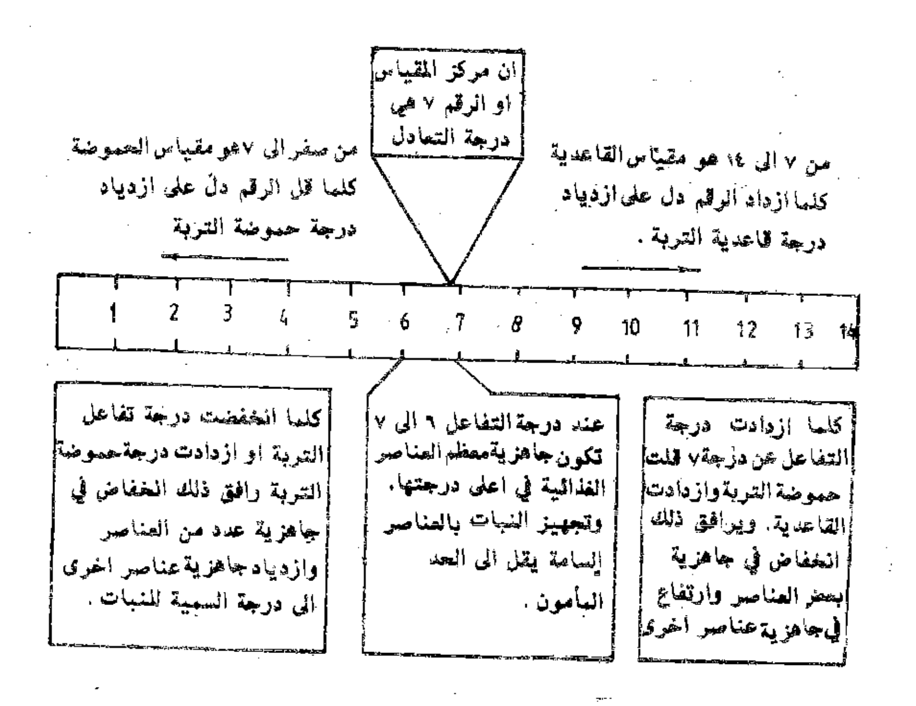
وهي تركيز ايون الهيدروجين في محلول التربة فقط

٢ - درجة التفاعل الكامنة(Potential soil pH).

وهي تركيز ايون الهيدروجين في محلول التربة مضافاً اليه ايونات الهيدروجين المدمصة الى غرويات التربة .

ان درجة التفاعل الفعلية للتربة تقدر باستعمال الماء بينما درجة التفاعل الكامنة للتربة تقدر باستعمال كلوريد البوتاسيوم اوكلوريد الكالسيوم كمستخلص حيث يستعمل كل من البوتاسيوم والكالسيوم في استبدال ايونات الهيدروجين المدمصة على سطوح المادة الغروية للتربة وتحررها الى محلول التربة . وكما هو واضح من التعاريف ان درجة التفاعل الفعلية للتربة اكبر (رقماً) من درجة التفاعل الكامنة للتربة وذلك لزيادة تركيز ايونات الهيدروجين في الكامنة عنه في الفعلية .

ان درجة تفاعل التربة تستعمل لتوضيح التفاعل بين التربة ومواد كيمياوية اخرى ، وهي بدورها توضح درجة حموضة وقاعدية التربة . ان مقياس درجة تفاعل التربة ينقسم الى اربعة عشر جزءاً متساوياً مرقماً من ١ الى ١٤ كما موضح في الشكل (٩) .



شكل (٩) مقياس درجة تفاعل التربة

انواع الترب بالنسبة للحموضة والقاعدية

الشكل (١٠) يوضح انواع الترب من حيث درجة حموضتها وقاعديتها ويلاحظ ان هناك ترب شديدة الحامضية ، متوسطة الحامضية وترب ذات درجة حامضية خفيفة وكذلك هناك ترب متعادلة وترب ذات درجة قاعدية خفيفة ، ومتوسطة القاعدية وشديدة القاعدية . ولتوضيح هذا الاختلاف في الترب من حيث درجة حموضتها وقاعدتها فإننا يمكن تقسيم الترب الى :

١ - الاتربة شديدة الحامضية

في الترب شديدة الحامضية يسود ايوني الالمنيوم والهيدروجين على سطوح التبادل ومحلول التربة ، ومحتوى هذه الترب من الكاتيونات قليل جداً وذلك لتعرضها لعمليات الغسل بمياه الامطار نظراً لوقوع معظمها في المناطق الرطبة . وتتراوح درجة تفاعل هذه الاتربة بين ٤ و ٥ . ويكون الالمنيوم في هذه الاتربة على شكل ايون ذائب وكذلك يوجد على شكل كاتيونات الالمنيوم اوكاتيونات هيدروكسيل الالمنيوم ، وهذه المركبات يحصل لها ادمصاص على سطوح معادن الطين. يكون الالمنيوم المدمص في حالة توازن مع المنيوم محلول التربة والمنيوم محلول التربة يتفاعل مع الماء ويحرر الهيدروجين.

$$\text{Clay}\,]-\text{Al} \rightleftharpoons Al^{3+}$$

الالمنيوم المدمص   المنيوم محلول التربة

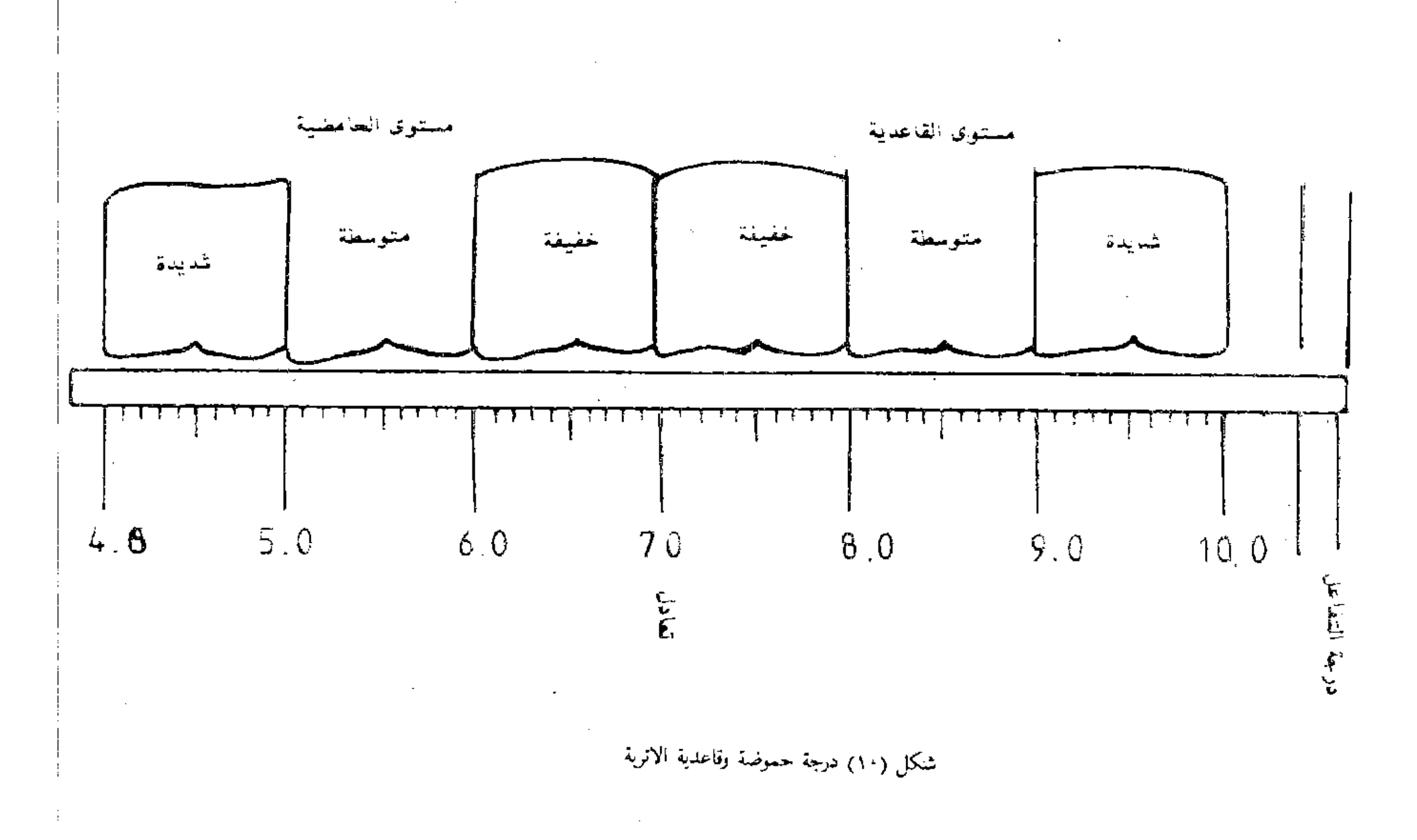
$$Al^{3} + H_2O \longrightarrow Al(OH)^{2+} + H^{+}$$

والأيون الاخر الذي يزيد من درجة حموضة هذه الترب اضافة الى الالمنيوم هو ايون الهيدروجين الموجود في محلول التربة والمدمص على سطوح معادن الطين.

$$\text{Clay}\,]-H^{+} \rightleftharpoons H^{+}$$

الهيدروجين المدمص   هيدروجين محلول التربة

ويتضح من هذه المعادلات ان كلاً من الالمنيوم والهيدروجين المدمصة يعمل على زيادة تركيز ايونات الالمنيوم والهيدروجين في محلول التربة .



شكل (١٠) درجة حموضة وقاعدية الاتربة

٢- الترب متوسطة الحامضية

في هذه الترب يؤثر ايضاً كل من الالمنيوم والهيدروجين على درجة تفاعل التربة. ان محتوى هذه الترب من الكاتيونات (مصادر القاعدية) اعلى من محتوى الاتربة قوية الحامضية ودرجة تفاعلها تتراوح مابين ٥-٦. ولهذا فالالمنيوم في هذه الترب لايوجد بصورة ايون بل يوجد على شكل هيدروكسيد الالمنيوم:

$$Al^{3+} + OH^{-} \rightarrow Al(OH)^{++}$$
$$Al(OH)^{++} + (OH)^{-} \rightarrow Al(OH)_2{}^{+}$$

يكون هيدروكسيد الالمنيوم في حالة ادمصاص على معادن الطين وفي حالة اتزان مع محلول التربة. هذه الهيدروكسيدات في محلول التربة يمكن ان تحرر الهيدروجين كما في المعادلات الاتية:

$$Al(OH)^{++} + H_2O \rightarrow Al(OH)_2{}^{+} + H^{+}$$
$$Al(OH)_2 + H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + H^{+}$$

الهيدروجين المدمص على سطوح معادن الطين والمادة العضوية يمكن ان يشارك بهيدروجين محلول التربة من خلال تحرره الى محلول التربة. عند ارتفاع درجة تفاعل التربة نتيجة اضافة الكالسيوم اليها يحل الكالسيوم محل الهيدروجين الموجود على معادن الطين والمادة العضوية ويتحرر الى محلول التربة كما في المعادلة الاتية:

$$\text{Clay}\Big)\begin{matrix}-H^{+}\\-H^{+}\end{matrix} + Ca^{2+} \longrightarrow \text{Clay}\Big)-Ca^{2+} + 2H^{+}$$

هيدروجين مدمص   كالسيوم مدمص

في الترب المعدنية الحامضية التي درجة تفاعلها اقل من ٤ ليس انخفاض درجة تفاعلها (اي تواجد تراكيز عالية من الهيدروجين) هو الذي يحد من نمو النبات بل هناك عوامل كيميائية وتداخل هذه العوامل فيما بينها هو الذي يضعف نمو النبات ويمكن ان نلخص ماذا يحصل في مثل هذه الترب شديدة الحامضية وكما يلي:

١ – سمية العناصر عند تواجدها بتراكيز عالية ويعد عنصر الالمنيوم الحر وكذلك المتبادل التي تتواجد بتراكيز عالية في مثل هذه الترب هي العامل الاساس الذي يؤثر سلباً في نمو النبات ويحد منه.

٢ – المستويات العالية من عنصر الالمنيوم ونقصان بعض العناصر الغذائية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والفسفور هي التي تحد من نمو النبات.

٣ – في بعض الحالات المستويات العالية من عنصري الالمنيوم والمنغنيز ونقصان عناصر الكالسيوم والمغنيسيوم والفسفور هي التي تحد من نمو النبات في الترب شديدة الحموضة.

٤ – وفي بعض الحالات القليلة الحدوث يكون هناك اضافة الى ماذكر نقص في عناصر الكبريت والبوتاسيوم وبعض العناصر الصغرى مثل الموليبدنيوم والزنك والنحاس التي تشارك في انخفاض نمو النبات.

وخصوبة الترب الحامضية تكون منخفضة ومستويات النيتروجين فيها واطئة جداً، ولذلك فان النباتات التي تستطيع ان تتأقلم لظروف هذه الترب يجب ان تقاوم التراكيز العالية من الالمنيوم والمنغنيز وتكون ذات كفاءة عالية في امتصاص وتمثيل العناصر الغذائية، وبشكل عام يمكن القول بان عدم الحساسية من قبل المحاصيل للتراكيز العالية من عنصر الالمنيوم هو مفتاح التأقلم والنمو للنباتات في الترب التي درجة تفاعلها اقل من ٥ (Marshner 1986). ويشير هذا الباحث بان ذوبانية كل من الالمنيوم والمنغنيز في هذه الترب تكون بالشكل الآتي:

درجة التفاعل اقل من ٤	الالمنيوم الذائب يكون بصورة Al^{3+} ويحل محل الكالسيوم والمغنيسيوم على سطوح التبادل ويعمل على ادمصاص الفسفور ويثبته
درجة التفاعل اعلى من ٤	تركيز Al^{3+} يقل ويكون غير ملحوظ عند pH اعلى من ٥,٥ ويتم تكون $AlOH^{2+}$ و $Al(OH)_2^+$ وبزيادة الـ pH يتم تكون $Al(OH)_3$ ومن ثم $Al(OH)_4^-$.

ان التراكيز العالية من عنصر المنغنيز في محلول التربة (Mn^{2+}) من المتوقع ان توجد في الترب الحامضية التي تحتوي على معدلات عالية من المنغنيز القابل للاختزال المتواجد مع محتوى عال من المادة العضوية مع نشاط عال للكائنات الحية الدقيقة تحت ظروف غير هوائية، ولهذا فان مخاطر المنغنيز هي اقل من مخاطر الالمنيوم في الترب المعدنية الحامضية.

٣– الترب المتعادلة والقاعدية

تختلف هذه الترب عن الترب القوية والمتوسطة الحامضية من حيث سيادة الايونات فيها . في هذه التربة لايكون الهيدروجين والالمنيوم هما الايونان السائدان بل يستبدلان بالقواعد القابلة للتبادل مثل الكالسيوم والمغنيسيوم وغيرهما على سطوح الطين والمادة العضوية . واذا حلت القواعد محل الهيدروجين او الالمنيوم اوكليهما فان تركيزها في محلول التربة يقل ويزداد تركيز الـ OH المولد للقاعدية . ان درجة تفاعل هذه الترب هي ٧ فأكثر.

ان مقاومة اي تغير سريع بدرجة تفاعل محلول التربة من قبل التربة نفسها يسمى بالقدرة التنظيمة للتربة لدرجة تفاعلها . ان ازالة ايون الهيدروجين من محلول التربة يقاوم وذلك عن طريق التعويض بالهيدروجين الخزين الذي هو الهيدروجين المدمص . كما هو موضح بالمعادلة الاتية :

Adsorbed H (and Al) ions ⟶ Soil solution H (and Al) ions

ايونات الهيدروجين (والالمنيوم) في محلول التربة «الحموضة النشطة»	ايونات الهيدروجين (والالمنيوم) المدمصة «الحموضة الخزين»

ولتوضيح عملية التنظيم لدرجة تفاعل التربة من قبل التربة ، نقول انه لو اضيفت كمية من $CaCO_3$ او $CaMg(CO_3)_2$ لمعادلة درجة تفاعل التربة فأن المعادلة المذكورة في اعلاه سوف يتجه تفاعلها الى اليمين لادخال كمية اكثر من ايونات الهيدروجين الى محلول التربة لغرض مقاومة ومعادلة ماأضيف للتربة من مواد مولدة للقاعدية (OH). اما اذا اضيف الى محلول التربة مواد مولدة للهيدروجين فأن تركيزه في محلول التربة يزداد وفي هذه الحالة ستتجه المعادلة الى اليسار لغرض احداث حالة التعادل لمقاومة هذا التغير بتركيز ايونات الهيدروجين ، ويكون ذلك عن طريق ازدياد كمية الهيدروجين الذي يدمص من قبل سطوح التبادل لاحلال حالة الاتزان. هذا التفسير المبسط يوضح الحالة التنظيمية والمقاومة لاي تغيير مفاجىء لدرجة تفاعل التربة .

وتجدر الاشارة الى ان الاتربة تختلف فيما بينها من حيث قابليتها على تنظيم درجة تفاعلها ، وان التربة ذات السعة التبادلية الكاتيونية العالية تضم سعة تنظيمية عالية ايضاً عند تساوي تأثير العوامل الاخرى .

هنالك عوامل عديدة تؤثر في درجة تفاعل التربة ، من اهمها :

١- الماء : ويقصد بالماء هنا الامطار المتساقطة او الري الكثيف ، اذ تؤثر تأثيراً كبيراً في درجة تفاعل التربة ، وعلى هذا المنوال يمكن تقسيم الترب حسب كميات الامطار المتساقطة الى :

آ- ترب المناطق الرطبة

في هذه المناطق يكثر تساقط الامطار فيزداد نفوذ الماء خلال مقد التربة مما يؤدي الى حصول عمليات غسيل للكاتيونات الذائبة تاركاً المجال لايونات الهيدروجين للحلول محل هذه الكاتيونات على سطوح معادن الطين. تحت مثل هذه الظروف تتكون عادة الترب الحامضية وهي الترب التي تقل فيها درجة التفاعل عن ٧ ، وتزداد حامضية التربة بصورة طردية بزيادة احلال الهيدروجين محل الكاتيونات على سطوح التبادل .

ب- ترب المناطق الجافة وشبه الجافة

في هذه المناطق تقل كمية الامطار المتساقطة فتقل بذلك عمليات الغسيل للكاتيونات القاعدية السائدة على سطوح التبادل للتربة واحلال الهيدروجين محلها. تكون درجة تفاعل ترب هذه المناطق بصورة عامة اعلى من ٧ وتكون ترب قاعدية لزيادة تركيز الكاتيونات القاعدية فيها .

هناك ترب غدقة نتيجة زيادة كمية الرطوبة فيها ومثل هذه الترب تكون درجة تهويتها رديئة جداً ولهذا تكون مثل هذه التربة بصورة عامة متعادلة او مائلة الى القاعدية . قد تحتوي مثل هذه الاتربة على كبريتيد الهيدروجين (H_2S) ، وعند اجراء عمليات الاستصلاح لهذه الأتربة عن طريق تحسين الصرف للتخلص من المياه الزائدة تتحسن تهوية هذه الاتربة فتزداد كمية الاوكسجين الذي يقوم بدوره بأكسدة كبريتيد الهيدروجين فيتكون نتيجةهذه الاكسدة حامض الكبريتيك كما في المعادلة الآتية :

$$H_2S + 2O_2 \text{——} H_2SO_4$$

ويعد حامض الكبريتيك هذا مصدراً للحموضة فتزداد بذلك تراكيز ايون الهيدروجين فتزداد الحامضية وتنخفض درجة حموضة التربة . وعند احتواء الاتربة الغدقة على كميات من القواعد ، فان حامض الكبريتيك المتكون يتفاعل مع هذه القواعد مكوناً كبريتات هذه القواعد وبذلك تكون درجة انخفاض تفاعل مثل هذه الاتربة اقل مما لوكانت الاتربة الغدقة غير غنية بالقواعد .

٢ – ثاني اوكسيد الكربون

تؤدي زيادة تركيز ثاني اوكسيد الكاربون في التربة الى انخفاض درجة تفاعل التربة اي زيادة الحامضية نتيجة تفاعله مع الماء مكوناً حامض الكربونيك المولد للحموضة ، كما في المعادلة الاتية :

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$$
$$H_2CO_3 \Leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

٣– الاسمدة ومواد الاستصلاح المضافة الى التربة

تؤثر هذه المركبات في درجة تفاعل التربة ، والامثلة على ذلك كثيرة منها ان اضافة الاسمدة النتروجينية الحاوية على الامونيوم تؤدي الى زيادة حموضة التربة نتيجة تحرر ايونات الهيدروجين عند اكسدة الاسمدة النتروجينية بعملية التأزت :

$$2NH_4 + 4O_2 \rightarrow 2NO_3 + 4H^+$$

كذلك كل الاسمدة الكبريتية هي اسمدة مولدة للحموضة ، مثال ذلك عنصر الكبريت وحامض الكبريتيك ، وكبريتات الامونيوم وكذلك كبريتات الحديد والالمنيوم وغيرها من الاسمدة الكبريتية . هذه الاسمدة تكون حامض الكبريتيك بتفاعلاتها داخل التربة الذي بدوره يقوم بتحرير ايونات الهيدروجين المولدة للحموضة

$$S + 3/2\ O_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$
$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4$$
$$FeSO_4 + 2H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 + H_2SO_4$$

ان الاسمدة العضوية المضافة الى التربة او المادة العضوية الناتجة عن بقايا ومخلفات النبات بعد عمليات الحصاد تعد مواد مولدة للحموضة ، إذ ان الكربون العضوي ، والنتروجين العضوي والكبريت العضوي تعد اهم مكونات المادة العضوية المولدة للحموضة كما في المعادلات الاتية : –

$$\text{Organic C} \rightarrow CO_2$$
$$CO_2 + H_2O \Leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$$
$$HCO_3 \Leftrightarrow 2H^+ + CO_3^{-2}$$
$$\text{Organic N} \rightarrow NH_3$$
$$NH_3 + 2O_2 \rightarrow H^+ + H_2O + NO_3^-$$
$$\text{Organic S} \rightarrow H_2S$$
$$H_2S + 2O_2 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

٤ – كاربونات الكالسيوم

تودي اضافة مثل هذه المركبات الى التربة الى زيادة درجة تفاعل التربة اي زيادة قاعديتها ، إذ تؤدي هذه الاضافة الى زيادة نسبة ادمصاص الكالسيوم من قبل معادن الطين مما يؤدي الى استبدالها مع ايونات الهيدروجين فيقل تركيز ايونات الهيدروجين في التربة ويحصل هذا ايضاً مع المغنيسيوم وغيره من القواعد :

$$\text{Clay}\left]\begin{matrix}-H^+\\ -H^+\end{matrix}\right. + CaCO_3 \longrightarrow \text{Clay}\ ]-Ca^{2+} + H_2O + CO_2$$

درجة تفاعل التربة وجاهزية العناصر الغذائية

تلعب درجة تفاعل التربة دوراً كبيراً مباشراً وغير مباشر في جاهزية العناصر الغذائية (شكل ١١) . فالدور المباشر يكون عن طريق ايون الهيدروجين والدور غير المباشر يكون عن طريق تأثيرها في عوامل ذات علاقة كبيرة بجاهزية العناصر الغذائية ، والجداول الآتية توضح بصورة مبسطة ومفهومة تأثير درجة تفاعل التربة في اهم العناصر الغذائية المهمة في تغذية النبات .

النيتروجين

1 2 3 4 5 pH6.0	7 8
ان تفسخ وتحلل مركبات النيتروجين في مادة التربة العضوية وفي الأسمدة المصنعة يقل عندما تكون درجة تفاعل التربة اقل من ٦. ان تثبيت النيتروجين الجوي ببكتريا التربة والبقوليات يقل بانخفاض درجة تفاعل التربة . في الاتربة الشديدة الحامضية يحدث فقدان النيتروجين منها على شكل غازات الى الهواء الجوي بصورة اكبر واسرع مما هو عليه في الترب ذات درجة تفاعل قريبة من درجة التعادل . من هذا يتضح بان هناك اعراض نقص للنيتروجين في الترب ذات درجة تفاعل منخفضة على الرغم من أضافة الأسمدة النيتروجينية بصورة ملائمة .	أعلى كمية للنيتروجين الجاهز تكون عند درجة تفاعل بين ٦–٧ . عند هذه المستويات لدرجات التفاعل للتربة يكون تحلل المادة العضوية وتثبيت النيتروجين الجوي في اعلى المعدلات .

الفسفور

1	2	3	4	5	6	pH6.5	7	8

تقل جاهزية الفسفور من معادن التربة والأسمدة ، عندما تكون درجة تفاعل التربة اقل من ٦ . وعندما تزداد درجة حامضية التربة يصبح الالمنيوم والحديد بصورة ذائبة وتتفاعل مع الفسفور لتكون فوسفات الالمنيوم والحديد التي لايمكن استعمالها من قبل النباتات النامية وتظهر اعراض نقص الفسفور على النبات .	عند درجة تفاعل بين ٦,٥ الى ٧ يبقى الفسفور بصورة جاهزة للنبات . وتؤدي زيادة درجة تفاعل التربة عن ٧,٥ الى تفاعل الفسفور مع الكاتيونات القاعدية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم مكونة فوسفات الكالسيوم والمغنيسيوم المترسبة وغير الجاهزة للنبات .

البوتاسيوم

1	2	3	4	5	pH 6.0	7	8

ان العلاقة بين البوتاسيوم ودرجة تفاعل التربة غير كاملة الوضوح . وان المستويات الواطئة من درجة تفاعل التربة ربما تؤثر في جاهزية البوتاسيوم اقل من تأثيرها في بقية العناصر. المحاصيل النامية في الأترية شديدة الحامضية ، تظهر في اكثر الأحيان عليها اعراض نقص البوتاسيوم ، وهذا عادة يعود الى انخفاض محتوى هذه الاترية من البوتاسيوم اصلاً وليس الى انخفاض جاهزية البوتاسيوم بسبب انخفاض درجات تفاعل التربة .	ان درجة تفاعل التربة بين ٦ و ٧ ربما تزيد من كمية البوتاسيوم الجاهز للنبات. بالاضافة الى ان معظم المحاصيل تكوّن مجموعة جذرية جيدة النمو عند هذه الدرجات لتفاعل التربة تؤدي الى زيادة امتصاص بوتاسيوم التربة والأسمدة المضافة .

الكالسيوم

1 2 3 4 5 pH6.0 7 8

درجة تفاعل التربة بين ٦ الى ٧ توضح اعتياديا عن وجود كمية ملائمة من الكالسيوم الجاهز لنمو النبات . ان زيادة درجة تفاعل التربة عن ٧ يدل بصورة عامة على وجود كميات كبيرة من الكالسيوم تؤثر سلبياً في جاهزية العناصر الغذائية ونمو النبات .	ان درجة تفاعل التربة مؤشر جيد لمستويات وجاهزية الكالسيوم في الأتربة وازالة الكالسيوم من التربة يؤدي الى زيادة درجة حامضيتها وانخفاض درجة تفاعلها ، وهذا الانخفاض اذا ازداد يؤدي الى انخفاض جاهزية الكالسيوم ، ولقد وجد بان جاهزية الكالسيوم عند درجة تفاعل التربة ٦ هي ضعف جاهزية الكالسيوم عند درجة تفاعل ٥ ، واربعة اضعاف عند درجة تفاعل ٤,٥ . من هذا يتضح بأن نقص الكالسيوم عند درجات التفاعل المنخفضة يحدد من نمو النبات .

المغنيسيوم

1 2 3 4 5 6 pH6.5 7 8

عند درجة تفاعل التربة ٦,٥ واعلى تكون جاهزية المغنيسيوم في أعلى حدٍ لها . اعراض نقص المغنيسيوم تظهر في الأتربة التي تحتوي اصلاً على كميات قليلة من المغنيسيوم اضافة الى وجود كميات عالية من الكالسيوم .	العلاقة بين درجة تفاعل التربة والمغنيسيوم تشابه تلك العلاقة مع الكالسيوم . ان جاهزية المغنيسيوم تقل بانخفاض درجة تفاعل التربة .

الكبريت

1 2 3 4 5 pH5.5 6 7 8

تزداد جاهزية الكبريت عندما تكون درجة تفاعل التربة اعلى من ٥,٥ . في الترب ذات درجة التفاعل العالية يستعمل الكبريت ومركباته لخفض درجة تفاعل التربة لتكوينها ايونات الهيدروجين بعد تفاعلها مع الماء .	المادة العضوية وبقايا النبات هي المصادر المهمة للكبريت . ان تحول الكبريت العضوي الى شكل جاهز للنبات يحتاج الى فعالية ونشاط الكائنات الحية الدقيقة للتربة . درجة تفاعل التربة المنخفضة ربما تحد من فعالية الكائنات الحية الدقيقة فتقلل بذلك من تجهيز النبات بالكبريت العضوي . والكبريت المعدني يكون اكثر جاهزية عند درجات تفاعل التربة المنخفضة . يظهر نقص في الكبريت عن درجة تفاعل ٥,٥ واقل بسبب سهولة فقدانه من التربة .

الموليبديوم

1 2 3 4 5 pH6.0 7 8

لايظهر نقص للموليبديوم عند درجة التفاعل التي عندها تكون جاهزية معظم العناصر الغذائية جيدة . ويؤدي ارتفاع درجة تفاعل التربة الى زيادة جاهزية الموليبديوم .	تنخفض جاهزية الموليبديوم بانخفاض درجة تفاعل التربة ويكون بذلك غير جاهز للنبات . وعلى الرغم من احتياج النبات لكمية قليلة من هذا العنصر الا ان اعراض نقصه تظهر عند درجات التفاعل الواطئة .

المنغنيز

1 2 3 4 5 pH6.0 7 8

ان كمية قليلة من المنغنيز يحتاجها النبات من اجل نمو جيد. الكميات العالية من المنغنيز تكون سامة وضارة للنبات. وتزداد جاهزية هذا العنصر بانخفاض درجة تفاعل التربة، والتربة ذات درجة التفاعل المنخفضة ربما تحتوي على تراكيز سامة، على حين تحتوي الترب القاعدية على كميات قليلة من المنغنيز الجاهز.	درجة تفاعل التربة بين ٦–٧ تمنع تجمع وتراكم المنغنيز لحد السمية وعندها تكون هناك كمية ملائمة وجاهزة لنمو النبات.

الزنك والنحاس

1 2 3 4 5 pH6 7 8

ان جاهزية كل من الزنك والنحاس تتأثر بدرجة تفاعل التربة. وجاهزية هذين الايونين تزداد بانخفاض درجة تفاعل التربة ويؤدي استمرار انخفاض درجة تفاعل التربة الى تراكم كميات في التربة سامة للنبات.	ان الاحتفاظ بدرجة تفاعل تربة بين ٦–٧ هو افضل مستوى لتجنب اضرار ومشاكل عنصري الزنك والنحاس. وارتفاع درجة تفاعل التربة عن ٧ يؤدي الى انخفاض جاهزية هذين العنصرين.

الحديد

pH: 1 – 5	pH6.0 – 8
العلاقة بين درجة تفاعل التربة وجاهزية الحديد مهمة جداً. عند درجة تفاعل تربة ٦,٥ او اكثر تكون كمية الحديد الجاهزة قليلة ، وكلما تنخفض درجة التفاعل عن هذا الحد تزداد الجاهزية. وعند درجة تفاعل ٥,٥ تكون الجاهزية عالية وعندها يمكن ان يتفاعل مع الفسفور مكوناً مركبات غير ذائبة تكون غير جاهزة للنبات. وتؤدي درجات التفاعل المنخفضة جداً الى زيادة كمية الحديد الذائب لحد السمية.	الاحتفاظ بدرجة تفاعل تربة بين ٦–٧ يقلل اعتياديا كمية الحديد الذائب الى مستوى تكون فيه جاهزية الفسفور اعلى ما يمكن، وكذلك تجهز النبات بما يحتاجه من الحديد بصورة جيدة.

الالمنيوم

pH: 1 – 5	pH6 – 8
تزداد كمية الالمنيوم الذائب نتيجة لانخفاض درجة تفاعل التربة. والالمنيوم الذائب يتفاعل مع الفسفور مكوناً مركبات غير جاهزة للنبات وهذا يؤدي الى ظهور نقص في الفسفور. اذن جاهزية الالمنيوم تزداد بانخفاض درجة تفاعل التربة وقد تصل كميته الى حد السمية.	درجة ذوبان وجاهزية الالمنيوم تقل بسرعة عندما تكون درجة تفاعل التربة اعلى من ٥ .

البورون

pH: 1 2 3 4 5 6 7 8

تقل جاهزية البورون الى درجة كبيرة عند درجة تفاعل التربة ٧ أو اعلى ، وتزداد جاهزية هذا العنصر بانخفاض درجة تفاعل التربة.

ان العلاقة بين اعلى انتاج للنبات ودرجة تفاعل التربة ليست علاقة متشابهة وثابتة لكل النباتات بل تختلف من نبات الى آخر وتختلف باختلاف اصناف النبات الواحد اضافة الى تأثير عوامل اخرى في هذه العلاقة كنوعية التربة والظروف المناخية وعوامل ثانوية اخرى. ومن هذا يمكن القول إن النباتات تستطيع مقاومة المشاكل الناتجة عن اختلاف تراكيز ايون الهيدروجين في محلول التربة والتأثيرات التي يحدثها هذا الاختلاف بدرجات مختلفة. والجدول (١١) يوضح حدود درجة تفاعل التربة لأهم المحاصيل للحصول على اعلى انتاج، وهذه الحدود هي دليل ومؤشر فقط لوجود اختلافات في هذه الحدود للنبات الواحد باختلاف اصناف هذا النبات وتأثير ظروف التربة والمناخ المزروع بها ذلك الصنف.

4.0 pH 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 pH 10.0
STRONGLY ACID | MEDIUM ACID | SLIGHTLY ACID | VERY SLIGHTLY ACID | VERY SLIGHTLY ALKALINE | SLIGHTLY ALKALINE | MEDIUM ALKALINE | STRONGLY ALKALINE
Nitrogen
Phosphorus
Potassium
Sulfur
Calcium
Magnesium
Iron
Manganese
Boron
Copper and Zinc
Molybdenum

شكل (١١) تأثير درجة تفاعل التربة على جاهزية العناصر الغذائية. الاجزاء العريضة للمساحات البيض توضح اقصى درجة جاهزية للعناصر الغذائية (Thompson and Troeh 1982)

الجدول (١١) حدود درجة تفاعل التربة واعلى انتاج لمحاصيل مختلفة

(National plant food institute 1962)

المحصول	تفاعل التربة
الجت	٦,٥ - ٧,٥
البرسيم	٦,٥ - ٧,٥
برسيم السكا	٦,٠ - ٧,٠
البرسيم الاحمر	٦,٠ - ٧,٠
البرسيم الابيض	٦,٠ - ٧,٠
الشعير	٥,٥ - ٧,٠
الحنطة	٥,٥ - ٧,٠
الذرة الصفراء	٥,٥ - ٧,٠
اللوبياء	٥,٥ - ٧,٠
البرسيم القرمزي	٥,٥ - ٧,٠
الاعشاب	٥,٥ - ٧,٠
الشوفان	٥,٥ - ٧,٠
العشب السوداني	٥,٥ - ٧,٠
الزوان	٥,٥ - ٧,٠
الذرة البيضاء	٥,٥ - ٧,٠
فول الصويا	٥,٥ - ٧,٠
نبات الهليون	٦,٠ - ٧,٠
الشوندر	٦,٠ - ٧,٠
البطيخ	٦,٠ - ٦,٥
القرنبيط	٦,٠ - ٧,٠
الكرافس	٦,٠ - ٧,٠
الخس	٦,٠ - ٧,٠
الباميا	٦,٠ - ٦,٥
البصل	٦,٠ - ٦,٥

تكملة جدول (١١)

البازلاء	٦,٠ – ٧,٠
نبات بقولي تؤكل جذوره (Salsify)	٦,٠ – ٦,٥
السبيناغ	٦,٠ – ٧,٠
البيقة (نبات علفي)	٥,٥ – ٦,٧
الفاصوليا	٥,٥ – ٦,٧
اللهانة	٥,٧ – ٧,٠
الجزر	٥,٧ – ٧,٠
الخيار	٥,٥ – ٦,٧
الباذنجان	٥,٥ – ٦,٠
الكرنب	٥,٧ – ٧,٠
الخردل	٥,٥ – ٦,٥
القطن	٥,٥ – ٦,٥
الفلفل الأخضر	٥,٥ – ٦,٥
القرع الجبلي	٥,٥ – ٦,٥
القرع	٥,٥ – ٦,٥
الطماطا	٥,٥ – ٦,٧
اللفت	٥,٥ – ٦,٥
الذرة الحلوة	٥,٥ – ٧,٠
الفجل	٥,٥ – ٦,٥
الحنطة السوداء	٥,٣ – ٦,٥
التبغ	٥,٣ – ٥,٧
الشليك	٥,٣ – ٦,٥
البطاطا الحلوة	٥,٠ – ٥,٧
البطاطا البيضاء	٥,٠ – ٥,٤
الرقي	٥,٠ – ٥,٥
التفاح	٥,٧ – ٧,٥
العنبية	٥,٠ – ٥,٧

3.4 العناصر الضرورية لتغذية النبات

العنصر الغذائي :

هو ذلك العنصر الذي يحتاجه النبات لاكمال دورة نموه وعملياته الحيوية وان وظائف هذا العنصر لايمكن ان تعوض او تستبدل باضافة عنصر آخر الى التربة .

من هذا التعريف للعنصر الغذائي يتضح بأن هناك عناصر غذائية ضرورية لنمو النبات وعناصر غير ضرورية ، ولكي نحكم على ضرورة اي عنصر لنمو النبات يجب ان يتصف هذا العنصر بصفات خاصة ، اهمها :

١ - غياب العنصر يجعل استكمال النبات لنموه متعذراً .
٢ - لايمكن استبدال العنصر الضروري بعنصر آخر يقوم بالعمليات الحيوية للعنصر الاول .
٣ - ان مظاهر نقص العنصر الغذائي الضروري يمكن علاجها بتزويد النبات بالعنصر المفقود وليس بعنصر آخر.
٤ - للعنصر الغذائي الضروري دور مباشر بتغذية النبات ، كأن يدخل العنصر في تركيب مادة نباتية معينة لعدد كبير من النباتات ، لا ان يكون له دور غير مباشر كالتأثير على الاحياء الدقيقة للتربة او الظروف الكيميائية للوسط الذي يعيش فيه النبات .
٥ - ان يكون العنصر ضرورياً لمعظم النباتات الراقية . اعتماداً على النقاط والخصائص الخمس للعنصر الغذائي الضروري فإن العناصر التالية يمكن عدّها عناصر غذائية ضرورية لنمو النبات وهذه العناصر هي :

الكاربون	C
الهيدروجين	H
الاوكسجين	O
النتروجين	N
الفسفور	P
الكبريت	S
البوتاسيوم	K
الكالسيوم	Ca
المغنيسيوم	Mg

الحديد	Fe
المنغنيز	Mn
النحاس	Cu
الزنك	Zn
المولبيدنيوم	Mo
البورون	B
الكلور	Cl
الصوديوم	(Na)
السليكون	(Si)
الكوبلت	(CO)

إن العناصر الغذائية ، الصوديوم والسليكون والكوبلت لم يثبت لحد الآن ضرورتها للنباتات الراقية كافة ، بل هي ضرورية لطائفة منها وذلك مثل الصوديوم الذي هو ضروري للنباتات التي تعيش في وسط ملحي ، والسليكون الذي هو ضروري لنبات الرز. وتختلف مصادر العناصر الغذائية الضرورية للنبات ، وهي الهواء الجوي ، الماء والتربة ويمكن تقسيم العناصر حسب مصادرها على الوجه الآتي :

العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات

عناصر مصادرها الهواء الجوي والماء

١ . الكربون
٢ . الاوكسجين
٣ . الهيدروجين
٤ . النتروجين (النباتات البقولية فقط)

عناصر مصدرها التربة

١ . النتروجين ٨ . النحاس
٢ . الفسفور ٩ . المنغنيز
٣ . البوتاسيوم ١٠ . الزنك
٤ . الكالسيوم ١١ . البورون
٥ . المغنيسيوم ١٢ . المولبيدنيوم
٦ . الكبريت ١٣ . الكلور
٧ . الحديد ١٤ . الصوديوم والسليكون

بعد ان تم تقسيم العناصر الغذائية الضرورية للنبات حسب مصادرها، صار من الممكن تقسيمها حسب احتياج النبات لها دون الأخذ بنظر الاعتبار كمية وجودها في التربة او الاوساط الغذائية الأخرى، والتقسيم هو:

١ – العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة (Macronutrients) نسبياً مقارنة بالعناصر الغذائية الاخرى، وهذه العناصر هي: الكربون والهيدروجين والاوكسجين والنتروجين والفسفور والكبريت والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم.

٢ – العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات بكميات قليلة (Micronutrients) وهذه العناصر هي: الحديد والمنغنيز والنحاس والزنك والموليبدنيوم والبورون والكلور.

من الخطأ تسمية العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة بالعناصر الرئيسية، والعناصر التي يحتاجها النبات بكميات قليلة بالعناصر الضرورية فالواقع ان كل هذه العناصر هي عناصر ضرورية ولها نفس الأهمية ولكن الاختلاف الوحيد هو احتياج النبات من هذه العناصر لاكمال دورة نموه واعطاء نمو وحاصل جيد، وكذلك محتوى النبات من هذه العناصر حيث وجد بأن العناصر الغذائية الكبرى والتي يحتاجها النبات بكميات كبيرة توجد بالنبات بكميات اكبر من العناصر الغذائية الصغرى والتي يحتاجها النبات بكميات صغيرة.

ولقد اشار الباحثان (Mengel and Kirkby 1982) بأن علماء الفسلجة والكيمياء الحيوية يؤكدون على تقسيم العناصر الغذائية حسب نشاطها الفسيولوجي والكيميائي الحيوي لكونه اكثر ملاءمة ولا يقتصر تقسيمها فقط حسب احتياج النبات ومحتوى النبات منها. وهذا التقسيم الفسيولوجي والكيميائي الحيوي يقسم العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات الى اربعة مجاميع هي:

المجموعة الاولى: الكاربون والهيدروجين والاوكسجين والنتروجين والكبريت – تعتبر عناصر هذه المجموعة مكونات اساسية للمادة العضوية، تدخل في العمليات الانزيمية وعمليات التمثيل بالاكسدة والاختزال.

المجموعة الثانية: الفسفور والبورون والسليكون – تعتبر عناصر هذه المجموعة عناصر مهمة في عمليات الاسترة مع مجاميع الكحول في النبات وتشارك في نقل الطاقة للعمليات الحيوية للنبات.

المجموعة الثالثة : البوتاسيوم ، والصوديوم ، والكالسيوم ، والمغنيسيوم والكلور- تعد عناصر هذه المجموعة عناصر مهمة لتنشيط العمل الانزيمي ، وموازنة الانيونات داخل النبات ، والسيطرة على نفاذية الاغشية الحيوية والجهد الكهربائي للنبات . يضاف الى ذلك مشاركة هذه العناصر في تنظيم الجهد الازموزي للنبات على الرغم من كونها وظيفة غير متخصصة .

المجموعة الرابعة : الحديد ، والنحاس ، والزنك والموليبدنيوم- تعد عناصر هذه المجموعة مهمة في انتقال الالكترونات والتداخل مع مواد مكملة في العمليات الحيوية للنبات .

ان العنصر الغذائي يوجد في التربة باجزاء مختلفة من حيث حالتها الكيمياوية وجاهزيتها للامتصاص من قبل النبات ، وهذه تتضمن جزء العنصر الغذائي في محلول التربة وهو الجزء الذائب ، والجزء المتبادل الذي يضم الأيونات المدمصة على سطوح معادن الطين ، الجزء المثبت داخل تركيب معادن التربة ، والجزء الرابع هو الجزء العضوي ويقصد به جزء العنصر الموجود في مادة التربة العضوية . ان الاجزاء الثلاثة الاولى للعنصر الغذائي هي اجزاء كيمياوية تكون باستمرار في حالة توازن وهي المخزن الرئيس للعنصر الغذائي الذي يمد النبات لاكمال دورة حياته . وسوف نتطرق الى هذا الموضوع بشكل مسهب بالفصول القادمة .

ان محلول التربة يحتوي على الايونات (الكاتيونات والانيونات) اي العناصر الغذائية بصورة ذائبة سهلة الامتصاص من لدن النبات ، وصور امتصاص العناصر الغذائية من محلول التربة هي :

العنصر	الرمز الكيمياوي	صور الامتصاص من قبل النبات
العناصر الغذائية الكبرى		
الكاربون	C	CO_2
الهيدروجين	H	H_2O
الاوكسجين	O	H_2O
النيتروجين	N	NH_4^+, NO_3^-
الفسفور	P	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}
البوتاسيوم	K	K^+
الكالسيوم	Ca	Ca^{2+}
المغنيسيوم	Mg	Mg^{2+}
الكبريت	S	SO_4^{2-}, SO_3^{2-}, SO_2
الصوديوم	Na	Na^+
العناصر الغذائية الصغرى		
الحديد	Fe	Fe^{2+}, Fe^{3+}
المنغنيز	Mn	Mn^{2+}, Mn^{3+}
النحاس	CU	CU^+, CU^{2+}
الزنك	Zn^2	Zn^{2+}, $Zn(OH)_2$
الموليبدنيوم	Mo	MoO_4^{2-}
البورون	B	BO_3^{3-} $B(OH)_3$
الكلور	Cl	Cl^-
السليكون	Si	$Si(OH)_4$
الكوبلت	CO	CO^{2+}

الفصل الرابع

4.0 النيتروجين

4.1 نظرة عامة

النيتروجين احد العناصر الضرورية الرئيسة لنمو النبات ، إذ يحتاجه النبات بكميات كبيرة وله تأثير كبير على زيادة الانتاج لمختلف المحاصيل الزراعية. إن نقص عنصر النيتروجين في التربة يؤدي الى حصول نقص في الحاصل بالاضافة الى رداءة نوعية المحصول. وتختلف كميات النتروجين الموجودة في التربة باختلاف نوعية التربة وطبيعة تكوينها ودرجة خصوبتها ، إذ تصل نسبة النيتروجين الكلي في التربة الى ١٠٪ أو اكثر في بعض الاتربة الغنية بالمادة العضوية ، على حين تنخفض كثيراً فتكون حوالي ٠,٠٥٪ أو اقل في بعض الاتربة الفقيرة غير الخصبة مثل الاتربة الصحراوية . وبصورة عامة يتراوح متوسط كمية النيتروجين الكلي في التربة مابين ٠,٠٣٪ الى ٠,١٪ في الظروف الطبيعة الاعتيادية . ويعد النيتروجين اكثر العناصر الغذائية انتشاراً في الطبيعة ، إذ يحتوي الغلاف الجوي على مايقارب ٣,٨ × ١٠^١٥ طن من النتيروجين الجزيئي ، على حين تقدر كمية النيتروجين الموجودة في الجزء اليابس من الارض بما يقارب ١٨ × ١٠^١٥ طن . وتحتوي التربة على جزء صغير من نتيروجين الجزء اليابس من الارض ومن هذا الجزء الصغير يكون هناك جزء صغير جداً جاهز بصورة مباشرة للنبات .

4.2 مصادر نيتروجين التربة

يعد الهواء الجوي المصدر الطبيعي الوحيد للنتروجين ، إذ لاتحتوي صخور ومعادن التربة الزراعية على عنصر النيتروجين باية صورة من الصور. النيتروجين الجزئي(N_2)الذي يشكل ٧٨٪ من الهواء الجوي غيرصالح للاستعمال من لدن النبات بصورته الجزيئية بل يجب ان يتحول الى صور اخرى حتى تستطيع النباتات الاستفادة منه . والطرق الرئيسة التي يتحول بها النتروجين الجزيئي الى نيتروجين صالح للاستعمال من لدن النبات وسهل الامتصاص هي :

١ – التثبيت البايولوجي للنيتروجين

هناك انواع مختلفة من الكائنات الحية الدقيقة تكون قادرة على اختزال النيتروجين الجوي الى امونيا في ظروف الحرارة والضغط للتربة ، وهذه الكائنات الحية الدقيقة تلعب دوراً مهماً في دورة النتروجين في الطبيعة ، وذلك عن طريق تحويل النيتروجين الجزيئي الى نيتروجين عضوي وبهذا يصبح النيتروجين الجوي جاهزاً لكائنات حية أخرى. وتسمى هذه العملية بتثبيت النيتروجين بايولوجياً. ان كمية النيتروجين المثبتة بايولوجياً كبيرة بمقياس العالم ككل اذ تقرب من ١٧,٢ × ١٠^٧ طن في الحول الواحد. والكائنات الحية الدقيقة القادرة على تثبيت النيتروجين بايولوجيا يمكن تقسيمها الى :

أ– الكائنات ذات المعيشة الحرة في التربة **Non symbiotic** : هذه الكائنات تشمل عدداً من انواع البكتريا ومن اهمها Azotobacter ، Beijernckia ، بعض سلالات Clostridium وانواع اخرى من البكتريا مثل Achromobacter و Pseudomonas . وكذلك تقوم طائفة من فطريات التربة والطحالب الخُضر المزرقة بتثبيت النيتروجين ايضاً. وتحتاج البكتريا ذات المعيشة الحرة الى الكاربون في عملياتها الحيوية – ولهذا فأن هذه الكائنات تعتمد في نشاطها على الكاربون العضوي المولد للطاقة. وهذه الكائنات تبقى على قيد الحياة فقط بوجود الكاربوهيدات التي تتحول بصورة سهلة الى سكريات. لقد وجد من البحوث والدراسات بانه على الرغم من قلة كميات النيتروجين المثبتة بوساطة هذه الكائنات الا انه وجدت زيادة في حاصل النباتات غير البقولية التي يجري تلقيح بذورها ببكتريا الازوتوباكتر نتيجة لتثبيتها للنتروجين الجوي.

ب– الكائنات ذات المعيشة التكافلية Symbiotic اصناف من الكائنات الحية الدقيقة ذات حياة تعايشية مع النباتات الراقية. ومن خلال هذه العلاقة التعايشية تقوم هذه الكائنات بتجهيز النيتروجين المثبت بوساطتها الى النبات المضيف الذي بدوره يجهز الكاربوهيدرات لها ، ومنها اصناف الـ Rhizobium والـ Actinomyces . الاصناف الاولى بكتريا ذات معيشة تكافلية مع النباتات البقولية مثل الجت والبرسيم تستطيع ان تثبت بين ٤٠ – ١٠٠ كغم نيتروجين/ هكتار/ السنة ، وتستطيع اصناف الـ Actinomyces مثل Actinomyces alni ان تثبت مايقارب من ١٥٠ كغم نتروجين/ هكتار/ السنة تحت الظروف الملائمة. ان كمية النتروجين المثبت بوساطة الكائنات الحية الدقيقة ذات المعيشة التكافلية اعلى بكثير من كمية

النتيروجين المثبت بوساطة الكائنات ذات المعيشة الحرة. ان ماهية التعايش تكون عادة عن طريق وجود هذه البكتريا داخل عقد(nodules)موجودة على جذور النباتات البقولية. ونموها وتطورها داخل هذه العقد يؤدي الى تثبيت النتروجين الجوي وتحويله داخل اجسامها الى صورة أخرى متيسرة وسهلة الامتصاص من قبل النبات.

ان معدل تثبيت المحاصيل البقولية للنيتروجين يبلغ اقصاه عندما يكون محتوى التربة منه واطئاً او اقل مايكون عليه وهذا لايعني عدم نصح الفلاح باضافة كمية قليلة من الاسمدة النتروجينية عند زراعة المحاصيل البقولية وذلك لان وجود كمية كافية من النتروجين لسد احتياجات البادرات الصغيرة يؤدي الى اكتمال نمو وتكوين وزيادة نشاط العقد الجذرية التي تبدأ بعد ذلك بتثبيت النتروجين الجوي. وتسمى هذه الكمية الصغيرة من النتروجين التي تضاف للمحاصيل البقولية عند الزراعة بالكمية المشجعة أو الدافعة للنمو.

إن ميكانيكية تثبيت النيتروجين بواسطة الكائنات الحية الدقيقة ذات المعيشة التكافلية يمكن تبسيطها كما يلي:

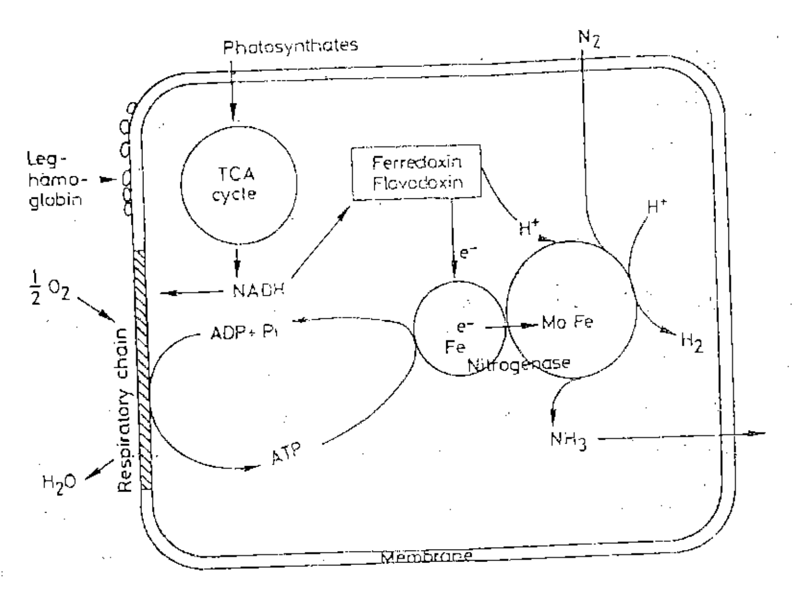
١- بعد ان يتم تلوث النبات ببكتريا الرايزوبيوم، تبدأ هذه البكتريا باختراق النبات عن طريق الشعيرات الجذرية وتستقر في خلايا هذه الشعيرات.

٢- تحيط البكتريا نفسها بجسم خيطي ينمو حتى يصل الى نسيج قشرة الجذر، وبعد هذا تهاجر البكتريا عن طريق الجسم الخيطي الى داخل خلايا القشرة الخارجية للجذر.

٣- عند هذه النقطة يبدأ تكون العقد الجذرية وتكاثر الخلايا الملوثة. وفي هذه العملية تتحول البكتريا الى bacteriod الذي هو اكبر ٤٠ مرة من حيث الحجم من البكتريا الأصلية.

٤- يتزامن مع تكون الـ bacteriod تكون النظام الانزيمي nitrogenase وانزيمات اخرى يحتاج اليها في عملية تثبيت النتروجين.

٥- الـ bacteriod الذي يسمى بالرايزوبيوم النشطة يُغلف بغشاء داخل خلايا الجذر، وهذا الغشاء يسيطر على عملية دخول وخروج المواد المشتركة في عملية تثبيت النتيروجين. ان دورة الكاربون الثلاثي TCA تجهز بالمواد الناتجة من عملية التركيب الضوئي (لاحظ الشكل ١٢) وينتج عن ذلك NADH الذي يحتاجه الـ Ferredoxin (مستقبل للالكترونات ومصدر لها) وسلسلة التنفس(respiratory chain)الواقعة في الغشاء.



شكل (١٢) يوضح ميكانيكية تثبيت النيتروجين الجوي (Mengel and Kirkby 1982)

٦- سلسلة التنفس تقوم بتجهيز ATP للنظام الانزيمي nitrogenase وال ferredoxin أو flavodoxin تقوم بتجهيز النظام الانزيمي بالالكترونات كما هو واضح بالشكل التوضيحي لميكانيكية التثبيت للنيتروجين.

٧- النظام الانزيمي nitrogenase الذي يتكون من معقدين للبروتين احدهما يحتوي على الحديد والموليبديموم بنسبة ٩ الى ١ بالجزيئة الواحدة والاخر يحتوي على ذرة واحدة من الحديد بجزيئة البروتين. المعقد البروتيني الأول يحتوي على الانزيم nitrogen reductase . في النظام الانزيمي nitrogenase يحصل اختزال N_2 الى NH_3.

$$N_2 + 6e^- + 6H^+ \longrightarrow 2NH_3$$

٨- ال ferredoxin يجهز المعقدالبروتيني الحاوي على الحديد باللالكترونات والذي بدوره يقوم بنقلها الى المعقد البروتيني الحاوي على الحديد والموليبديموم في النظام الانزيمي . هذا النقل للالكترونات يحتاج الى ATP المزود للطاقة والذي يتحلل بعد ذلك الى ADP وفسفور غير عضوي. ان الكمية التي تحتاجها هذه العملية من ATP لاختزال جزيئة واحدة من N_2 هي ١٥ أو ٣٠ جزيئة من ATP.

٩- ان الامونيا المتكونة من اختزال N_2 بواسطة النظام الانزيمي nitrogenase تتحرر من ال bacteroid الى خلايا النبات المضيف والتي تستعمل بعد ذلك في تكوين الاحماض الامينية بواسطة انزيمات خاصة ، وهذه الاحماض الامينية تتحول الى بروتينات داخل النبات.

٢ - النيتروجين الجوي المثبت بوساطة تفريغ الشحنات الكهربائية في الجو (البرق)

ان تفريغ الشحنات الكهربائية يودي الى اكسدة النتروجين الجزيئي الجوي الى نترات تصل الى التربة مع ماء المطر. وتكون الكمية المثبتة من النتروجين بهذه الطريقة في التربة قليلة جداً وتقدر ببضع كيلوغرامات على شكل نترات في الهكتار الواحد في السنة الواحدة وتحت الظروف المناخية المعتدلة. وفي الظروف الاستوائية لاتزيد الكمية المثبتة على عشرة كيلوغرامات من النيتروجين بالهكتار الواحد في السنة الواحدة ولكنها اكبر من الكمية المثبتة تحت الظروف المناخية المعتدلة.

٣- النيتروجين الجوي المثبت بالصناعة الكيمياوية

ان صناعة الاسمدة الكيمياوية تعتمد بصورة كبيرة على استغلال النيتروجين الموجود في الجو وتحويله الى صورة مركبات كيمياوية عن طريق التثبيت الصناعي ويمكن بعد ذلك للنبات ان يستفيد منه على شكل سماد يضاف الى التربة. ويعد تثبيت غاز النتروجين الموجود في الجو صناعياً الى غاز الامونيا مفتاحاً لصناعة الاسمدة الكيمياوية والتي سوف نأتي على ذكرها بالتفصيل في مابعد.

4.3 الاقسام الرئيسة للنتروجين في التربة

ان اقسام نيتروجين التربة هي القسم العضوي والقسم المعدني أو غير العضوي ، ويفوق القسم العضوي من حيث الكمية القسم المعدني.

١ - النيتروجين العضوي : تقدر نسبته من النتروجين الكلي للتربة بـ ٩٥٪ و ٥٠٪ من هذا النيتروجين موجودة على شكل مركبات معروفة التركيب مثل البروتينات والاحماض الأمينية والبروتينات النووية ، اما ال ٥٠٪ الباقية من النيتروجين العضوي فتكون على شكل مركبات غير معروفة التركيب يعتقد انها ناتجة من تفاعل الامونيا مع مواد معينة ، والاحماض الامينية مع مركبات الكينون وتفاعل السكريات مع الامينات.

٢ – **النيتروجين المعدني** : وتقدر نسبة هذا القسم من النتروجين بـ ٥٠٪ أو اقل من النتروجين الكلي للتربة ، ويكون على صورة امونيوم ، ونترات ونتريت واكاسيد النتريت (nitrous Oxides) والنيتروجين الجزئي (N_2) . ان اكثر هذه الصور اهمية للنبات هو الامونيوم والنترات التي توجد في التربة عن طريق تحلل النيتروجين العضوي او عن طريق اضافتها الى التربة على شكل اسمدة كيمياوية .

4.4 معدنة النيتروجين العضوي

النتروجين عنصر متحرك وله دورة سريعة بين الغلاف الجوي والتربة والكائنات الحية الدقيقة ، وتتضمن هذه الدورة عوامل وعمليات متعددة . ان الخطوط الرئيسة لدورة النيتروجين في الطبيعة موجودة في الشكل (١٣) .

اما مصادر النيتروجين العضوي الموجود في التربة فهي التثبيت البايولوجي للنتروجين الجوي بوساطة الكائنات الحية الدقيقة . والنتروجين المثبت بوساطة تفريغ الشحنات الكهربائية في الجو والنتروجين الجوي المثبت بالصناعة الكيمياوية كذلك تعد فضلات الحيوان والانسان التي تضاف الى التربة مصادر للنتروجين العضوي ، يضاف الى ماذكر ان الاوراق المتساقطة من النباتات وبقاياها بعد فترة الحصاد تعد مصدراً للنتروجين العضوي في التربة . المادة العضوية للتربة تحتوي النيتروجين على شكل بروتينات بصورة كبيرة وعلى مركبات النيتروجين المتغيرة (النيتروجين للاحماض النووية) بدرجة اقل . يمر النيتروجين العضوي للمادة العضوية بعمليات تعدين عديدة يتحول بعدها الى صورة متيسرة وجاهزة للامتصاص من قبل النبات وهذه العمليات هي :

١ – تكون النيتروجين الاميني Aminization

تعد عملية تكون النتروجين الاميني (الامينات والاحماض الامينية) من بروتينات المادة العضوية العملية الاولى في عمليات تعدين النيتروجين العضوي . وتسمى هذه العملية proteolysis وفيها يتم تكسير وتحويل المركبات العضوية المتعددة الى مركبات ابسط حسب المعادلة الاتية :

Soil organic N (Protein) $\longrightarrow R - NH_2 + CO_2 +$ مواد اخرى + طاقة

تحتاج هذه العملية الى الماء والحرارة وبعض انواع البكتريا والفطريات غير ذاتية التغذية. والطاقة الناتجة من هذه العملية تستغلها الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة التي تحتاج الى الكاربون مصدراً للطاقة في عملياتها الحيوية.

٢- تكوين الامونيا او النشدرة Ammonification

في هذه العملية التي هي عملية اختزال تتحول الامينات والاحماض الامينية الناتجة من الخطوة الاولى لتعدين النيتروجين العضوي الى امونيا بوجود الماءوالكائنات الحية غير ذاتية التغذية وحسب المعادلة الاتية :

$$R-NH_2 + H_2O \longrightarrow NH_3 + ROH + \text{طاقة}$$

والامونيا الناتجة تكون الامونيوم وحسب المعادلات الاتية :

$$2NH_3 + H_2CO_3 \longrightarrow (NH_4)_2CO_3$$

$$(NH_4)_2CO_3 \rightleftharpoons 2NH_4 + CO_3^=$$

ان الامونيوم المتكونة يمكن ان تطرأ عليها التغيرات والتحولات الآتية :

١- تتحول الامونيوم الى نتريت NO_2 ومن ثم الى نترات بعملية التأزت

٢- يمكن ان يمتصها النبات مباشرة.

٣- يمكن ان تستخدم بوساطة الكائنات الحية الدقيقة(Heterotrophic) في عمليات تحلل المادة العضوية الاخرى.

٤- يمكن ان تثبت بين طبقات بعض معادن الطين القابلة للتمدد وتصبح غير جاهزة او صالحة للامتصاص من لدن النبات.

٥- يمكن ان تتحول الى صورة متبادلة على سطوح غرويات التربة وهي صورة جاهزة لان يمتصها النبات.

العوامل المؤثرة على تكوين الامونيا

أ- نسبة الكربون الى النتروجين في المادة العضوية(C/N)

بصورة عامة عندما تكون نسبة الكربون الى النتروجين في المادة العضوية المضافة الى التربة اكبر من ٣٠ فانه لايحصل معدنه للنتروجين العضوي نظراً لاستهلاك نيتروجين المادة العضوية من قبل الكائنات الحية الدقيقة من اجل بناء انسجتها ، وتحت هذه الظروف

يتحول النيتروجين المعدني الى نيتروجين عضوي. وعندما تكون النسبة بين ٢٠ و ٣٠ لايحصل تحرر للنيتروجين على صورة امونيا ولا يتحول النيتروجين المعدني الى نيتروجين عضوي، ولكن عندما تكون النسبة C/N اقل من ٢٠، يحصل تحرر للنيتروجين على شكل امونيا في مراحل تحلل المادة العضوية الاولى.

ب- درجة الحرارة والرطوبة

يزداد معدل تحلل المادة العضوية وتكون الامونيا في درجات الحرارة ٣٥- ٤٠°م، وتحلل المادة العضوية يزداد ايضا تحت ظروف الرطوبة والتهوية الجيدة. ويؤدي جفاف التربة وتغدقها الى خفض معدل تحلل المادة العضوية.

٣- التأزت Nitrification

هي عملية اكسدة بايولوجية للامونيوم الى نترات وتتم هذه العملية على خطوتين:

الأولى: اكسدة الامونيوم الى نتريت (NO_2) ببكتريا ذاتية التغذية (Autotrophic) متخصصة وهي بكتريا Nitrosomonas وحسب المعادلة الاتية:

$$2NH_4 + 3O_2 \longrightarrow 2HNO_2 + 2H_2O + 2H^+$$

والثانية: اكسدة النتريت الى نترات (NO_3) وتتم هذه العملية ببكتريا ذاتية التغذية متخصصة هي Nitrobacter وحسب المعادلة الاتية:

$$2HNO_2 + O_2 \longrightarrow 2H + 2NO_3$$

محصلة الخطوات التي تضمنتها عملية التازت يمكن وضعها بالمعالات الاتية:

$$2NH_4 + 3O_2 \longrightarrow 2HNO_2 + 2H_2O + 2H^+$$

$$HNO_2 + O_2 \longrightarrow 2H^+ + 2NO_3^-$$

$$2NH_4 + 4O_2 \longrightarrow 2NO_3 + 4H^+ + 2H_2O$$

في عملية التأزت هناك نقاط مهمة يجب ملاحظتها لاهميتها التطبيقية ومن اهم هذه النقاط هي:

١- عملية التازت تحتاج الى اوكسجين وهذا معناه ان العملية تحدث بصورة جيدة في الاتربة ذات التهوية الجيدة، وذلك لكون البكتريا المتخصصة لهذه العملية بكتريا

هوائية اي انها تستطيع العيش فقط في الوسط الذي يكون فيه الاوكسجين جاهزاً ومتوفراً. ومن هذا يمكن ان نستنتج بان الترب المغمورة بالماء لاتحصل بها عملية التأزت بصورة جيدة وتعاق عملية اكسدة الامونيوم الى نترات.

٢- في عملية التأزت يتحرر الهيدروجين، وهنا يمكن القول بان عملية التأزت هي عملية مولدة للحموضة، اذ ان تحرر الهيدروجين يؤدي الى زيادة حموضة التربة (acidification) اي انخفاض درجة تفاعل التربة نتيجة لزيادة تركيز ايون الهيدروجين.

٣- نظراً لاشتراك الكائنات الحية الدقيقة المهمة في هذه العملية فان نشاط هذه الكائنات يتأثر بعوامل متعددة منها تهوية التربة، ورطوبة التربة، ودرجة حرارة التربة وعوامل اخرى مؤثرة.

في الاتربة ذات الصرف الجيد وذات درجة التفاعل المتعادل يكون معدل اكسدة النتريت الى نترات اعلى من معدل اكسدة الامونيوم الى نتريت، وفي نفس الوقت يكون معدل تكون النتريت مساوياً لمعدل تكون الامونيوم او اعلى منه، وعلى هذا فان النترات هي الصورة الاكثر وجوداً في التربة. وبهذا فان معظم مايمتصه النبات من النيتروجين يكون على شكل نترات.

العوامل المؤثرة في عملية التأزت

١- ان التجهيز بالامونيوم من اول الاحتياجات الضرورية لعملية التأزت وذلك لكون الامونيوم هو المادة الخام الخاضعة لعملية التأزت. ان انخفاض محتوى التربة من الامونيوم او عدم توفرها في التربة يؤدي الى انخفاض معدل عملية التأزت او توقفها.

٢- **بكتريا التأزت**: تختلف الاتربة من حيث مقدرتها على اكسدة الامونيوم الى نترات حتى تحت الظروف المتشابهة من حرارة وتهوية ورطوبة وكمية الامونيوم الموجودة في التربة. ويرجع الاختلاف هذا الى اختلاف محتوى الترب من البكتريا المتخصصة في عملية التأزت. وبصورة عامة يمكن القول ان زيادة عدد ونشاط البكتريا المتخصصة يزيد من معدل اكسدة الامونيوم الى نترات.

٣- **تهوية التربة**: بما ان عملية التأزت هي عملية تأكسد فبهذا فان تحسين تهوية التربة يؤدي الى زيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن عملية اكسدة الامونيوم وذلك لكونها من نوع autotrophic التي تحتاج الى مصدر مستمر من الاوكسجين ويقل نشاطها

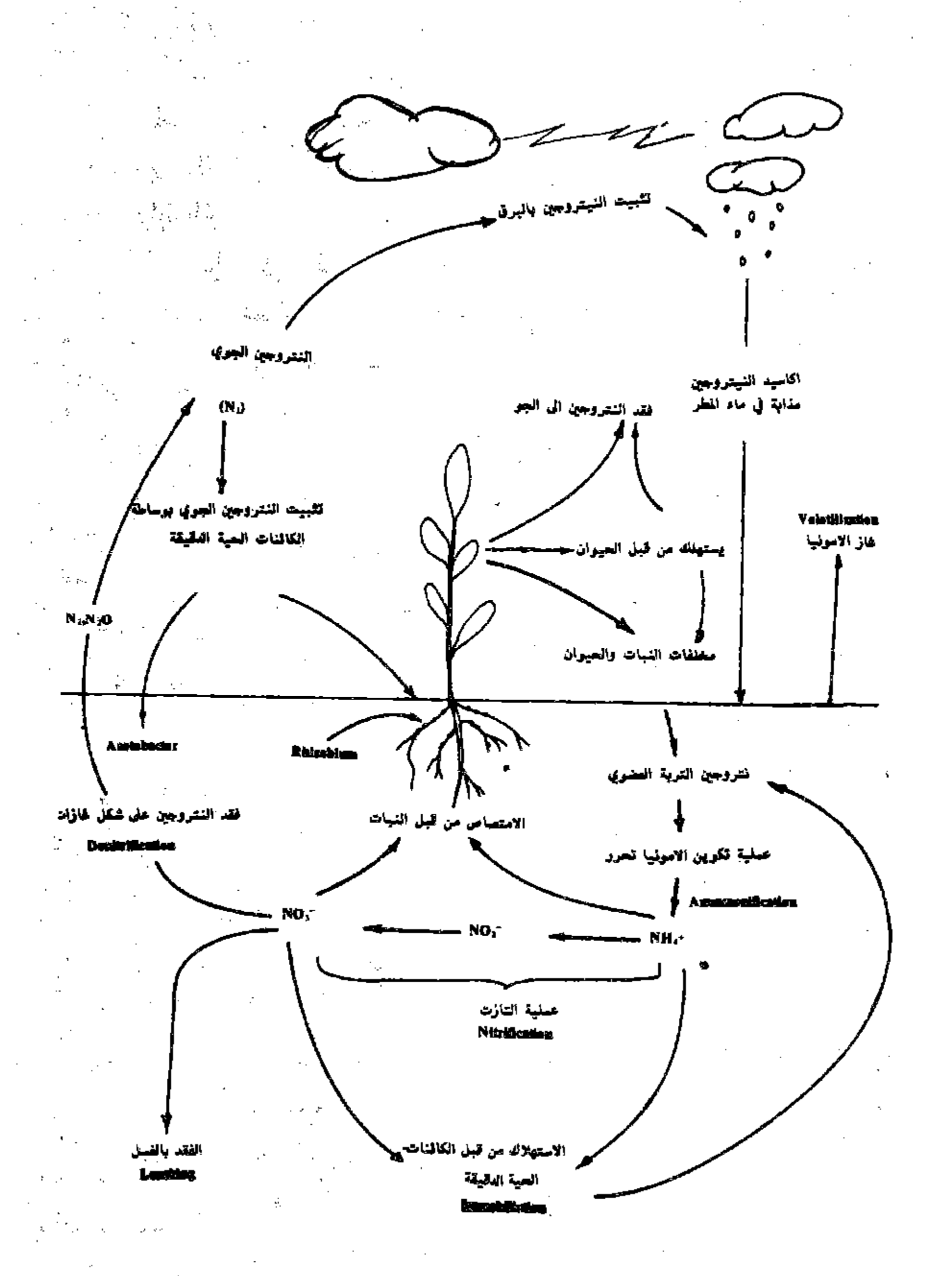
في ظروف التهوية الرديئة . ان حراثة التربة وقلبها يؤديان الى زيادة معدل عملية التأزت في حالة توفر الامونيوم والعوامل الاخرى بسبب زيادة نسبة الاوكسجين بالتربة عند حراثتها . واعلى معدل لنشاط بكتريا التأزت يكون عندما تكون نسبة الاوكسجين في التربة ٢٠٪ ، وهي النسبة المقاربة لتركيز الاوكسجين في الهواء الجوي ، ويمكن الوصول الى هذه النسبة من الاوكسجين بالتربة عند تقديم الخدمة الجيدة لها .

٤ – **درجة حرارة التربة** : لدرجة حرارة التربة دور مؤثر في عملية التأزت اذ وجد ان افضل درجة حرارة للحصول على افضل معدل لعملية التأزت تتراوح بين ٢٧ – ٣٢°م ويقل معدل عملية التأزت بانخفاض درجة الحرارة عن هذا الحد وتتوقف عند درجة الانجماد . ان انخفاض درجة الحرارة عن الدرجة المثلى يؤدي الى انخفاض نشاط الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن عملية التأزت .

٥ – **المحتوى الرطوبي للتربة** : ان تكون النترات بعملية التأزت يتأثر بالمحتوى الرطوبي الواطىء والمرتفع للتربة . ان زيادة محتوى التربة الرطوبي عن الحد الملائم لنمو النبات يؤدي الى انخفاض محتوى التربة من الاوكسجين وهذا بدوره يؤدي الى انخفاض معدل عملية التأزت . ولقد وجد بصورة عامة بان اعلى معدل لعملية التأزت يكون عندما يكون محتوى التربة الرطوبي من نصف الى ثلثي مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء . وكذلك يجب الاشارة الى ان النترات لاتتكون في التربة الجافة ولا في المستويات الواطئة لرطوبة التربة .

٦ – **درجة تفاعل التربة** : ان درجة تفاعل التربة التي عندها يمكن ان تحصل عملية التأزت هي بين ٥,٥ – ١٠ . واعلى معدل للعملية يكون عند درجة تفاعل ٨,٥ . لقد وجد ان اعلى نشاط لبكتريا الـ Nitrosomonas هو عند درجات تفاعل التربة من ٧ الى ٩ . ولقد وجد هناك نشاطاً في الترب التي درجة تفاعلها اعلى من ٩ ، اما من ناحية اعلى نشاط لبكتريا الـ Nitrobacter فهو عند درجات تفاعل التربة المتعادلة والمائلة الى القاعدية .

٧ – **العناصر الغذائية** : كميات قليلة من الاملاح المختلفة وحتى العناصر الدقيقة تحفز عملية التأزت ، اذ ان البكتريا المسؤولة عن هذه العملية تحتاج الى تجهيز بالعناصر الغذائية اللازمة لاستمرار نشاطها وفعاليتها الحيوية . ومن هذا نستنتج انه في الترب الفقيرة بالعناصر الغذائية يقل نشاط الكائنات الحية الدقيقة ويقل تكاثرها مما يؤثر سلباً على عملية التأزت . ان وجود عناصر النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم بصورة متوازنة ينشط من عملية اكسدة الامونيوم وتكوين النترات .



شكل (١٣) دورة النيتروجين في الطبيعة (Thomnson and Troeh 1982)

٨- فصول السنة : ان تأثير فصول السنة على عملية التأزت هو تأثير غير مباشر. تؤثر فصول السنة على محتوى التربة من الرطوبة ، ودرجة حرارة التربة ، وهواء التربة وكذلك جاهزية العناصر الغذائية . وهذه العوامل تؤثر بدورها مباشرة في عملية التأزت . وبصورة عامة يمكن القول ان اعلى معدل لعملية التازت في فصل الربيع وبداية الصيف لزيادة اعداد ونشاط الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن عملية التأزت.في الشتاء وفترة الجفاف يقل نشاط وتكاثر بكتريا التازت فيقل بذلك معدل اكسدة الامونيوم .

4.5 فقد النيتروجين من التربة

ان التسميد النيتروجيني لتجهيز النبات بالكميات التي يحتاجها من النيتروجين في نموه لايعاني من اية مشكلة وذلك في حالة عدم وجود اي فقد بهذا النيتروجين المضاف الى التربة خلال دورة النيتروجين في الطبيعة . ولكن الحقيقة هي ان هذا النيتروجين المضاف يتعرض الى عدة عمليات فقد . ومن اهم العمليات التي يفقد بها النيتروجين من التربة هي :

١- الاستهلاك النباتي للنيتروجين

تعد عملية امتصاص النبات للنيتروجين من العمليات المهمة التي تؤدي الى خفض محتوى التربة من النيتروجين. وتختلف النباتات باختلاف انواعها من حيث كميات النيتروجين التي تمتصها خلال مراحل نموها . ويوضح الجدول (١٢) معدل كميات النيتروجين التي تستهلكها محاصيل مختلفة خلال دورة حياة واحدة .

ان محتوى النبات من النيتروجين يختلف باختلاف حالة التربة الخصوبية بالاضافة الى تأثير عوامل اخرى منها نوعية النبات وصنفه ، ومرحلة نمو النبات وكذلك الظروف المناخية وعوامل التربة من تهوية وحرارة ورطوبة.وإن كمية قليلة جداً من هذا النيتروجين المستنفد من التربة بوساطة النبات يعود الى التربة عن طريق تحلل بقايا النبات في التربة .

٢- الفقد بعملية التعرية

ان انجراف التربة بوساطة التعرية المائية او بوساطة التعرية الريحية من الحقل يؤدي الى حصول خسارة او فقدان للنتروجين محمولاً مع التربة المنجرفة . مثال ذلك أنه لو كان هنالك فقد بطن واحد من تربة الحقل عن طريق التعرية ، وكان محتوى المادة العضوية لتربة الحقل هو ٤٪ ، فأن محتوى هذا الطن المفقود من التربة هو ٤٠ كغم مادة عضوية وهذه بدورها تحتوي على ٢ كغم نيتروجين ($\frac{١}{٢٠}$ من المادة العضوية). ولو فرض أن مقدار التربة المفقودة بالتعرية هو ٢٠ طن فأن ذلك يدل على حصول فقدان ٢٠ كغم من النيتروجين وهذه كمية كبيرة تستنزف من التربة عن طريق التعرية .

الجدول (١٢) معدل كميات النيتروجين التي تستهلكها بعض النباتات (من عدة مصادر)

المحصول	جزء النبات	الحاصل طن / هكتار	نسبة النتروجين	الكمية المستهلكة من النترجين كغم / هكتار
الجت	الاجزاء الخضرية	٩	٢,٤	٢١٦
الشعير	الحبوب	٣	١,٩	٥٧
الذرة الصفراء	الحبوب	٧	١,٤	٩٨
القطن	البذور	١	٣,٧	٣٧
فول الصويا	الحبوب	٢,٥	٦,٠	١٥٠
البنجر السكري	الجذور	٤٠	١,٨	٧٢
	الاجزاء العليا للنبات	—	—	٨٠
الحنطة	الحبوب	٣,٠	٢,١	٦٣
	التبن	٣,٠	٠,٦	١٨
الشوفان	الحبوب	٣,٠	١,٨	٥٤
	التبن او القش	٣,٠	٠,٦	١٨
الطماطة	الثمار	٢٥	٠,٣	٧٥
البطاطا	الدرنات	٢٠	٠,٤	٨٠
	الاجزاء العليا للنبات	—	—	٧٠
البطاطا الحلوة	الجذور	٢٠	٠,٣	٦٠

٣- **الفقد بعمليات الغسل**

ان النيتروجين على صورة نترات يكون سهل الفقد بعملية الغسل من التربة ذات النفاذية الجيدة . ولقد وجد من الدراسات ان كمية مطر قليلة تؤدي الى غسل النترات من التربة السطحية الى عمق ٦٠ سم من مقد التربة خلال فترة زمنية قدرها ٢٤ ساعة فقط . واذا حصلت امطار اضافية اخرى فانها تغسل النترات الى اعماق بعيدة عن متناول جذور النبات . ان عملية غسل التربة بمياه الامطار تزيل معظم النيتروجين (نترات) من مقد

التربة ذات النفاذية العالية للمناطق الرطبة . اما في المناطق الجافة وشبه الجافة فأنها ... من هذا الفقد للنتروجين لقلة امطار هذه المناطق.

ويمكن التقليل من فقدان النتروجين بعملية الغسل عن طريق صيانة الغطاء النباتي للتربة والمحافظة عليه وتحديد الموعد الجيد لاضافة الأسمدة النيتروجينية . ومن التجارب العراقية وجد (الزبيدي وآخرون ١٩٨٦) بعد دراستهم لسلوكية وفقدان النيتروجين المعدني في تربة ابي غريب (طينية النسجة) وتربة المسيب الكبير (مزيجية طينية ...) المستصلحة بعد اضافتهم لمصادر مختلفة من النيتروجين هي سماد اليوريا واليوريا المغطاة بالكبريت وسماد كبريتات الامونيوم وسماد نترات البوتاسيوم وبمعدل ٥٠ كغم نيتروجين/ دونم ، بأن كمية النيتروجين المعدني المفقود بالغسل تعتمد على نوع السماد المستخدم وكذلك نسجة التربة ، حيث ظهر ان اقل كمية من النيتروجين (٤,٢ ٪) قد فقدت في معاملة اليوريا المغطاة بالكبريت في تربة ابي غريب بينما كانت اكبر كمية من النيتروجين المفقود (٢١ ٪) في حالة استخدام نترات البوتاسيوم كسماد في تربة المسيب . كما وجد ايضاً بأن كمية النتروجين المتبقي بعد حصاد محصول الدخن تعتمد هي الاخرى على نوع السماد ، ولقد لوحظ بأن اكبر كمية من النيتروجين المتبقي (٣٥ ٪) كانت في معاملة اليوريا المغطاة بالكبريت في تربة ابي غريب واقل كمية من النيتروجين المتبقي لوحظت في معاملة نترات البوتاسيوم في تربة المسيب . ولوحظ ايضاً تجمع للنترات في الطبقة السفلية لأعمدة التربة في جميع المعاملات باستثناء معاملة اليوريا المغطاة بالكبريت التي تميزت بتجمع النترات في طبقة منطقة الجذور. وفي دراسة اخرى (الراوي وسعد الله ١٩٨٦) حول فقدان النيتروجين المضاف كسماد كبريتات الأمونيوم واليوريا تحت ظروف الزراعة لنبات الحنطة من أعمدة بلاستيكية بقطر ١٠ سم وطول ١٢٠ سم عبأت بتربة طينية مزيجية من مزرعة العامرية (محافظة بغداد) التابعة لكلية الزراعة/ جامعة بغداد ، وجد ان معظم الفقد للنتروجين تحت ظروف التجربة كان عن طريق التطاير في حين ان الفقد بشكل رشح يكون قليلاً او يكاد معدوماً في مثل هذه التربة.

٤ – فقدان نيتروجين التربة على شكل غازات

بالاضافة الى فقد نيتروجين التربة عن طريق امتصاص النبات له ، وعمليات التعرية والغسل ، فانه يمكن ان يفقد على شكل غاز من التربة باحدى الصور الآتية :

أ– عملية ال Denitrification

هذه العملية عبارة عن عملية اختزال بيولوجي للنترات والنتريت الى غازات متطايرة. وتقوم بهذه العملية الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة تحت الظروف اللاهوائية. وتستعمل هذه الكائنات النترات والنتريت مصدراً للأوكسجين ومحولة اياها إلى اوكسيد النيتروز أو غاز النيتروجين. من الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن هذه العملية انواع تتبع الفصائل الاتية :

Pseudomonas و Micrococcus و Bacillus.

وهناك أنواع من بكتريا ذاتية التغذية لها القدرة على القيام بهذه العملية منها Thiobacillus thiobaries و Thiobacillus denitrificans.

وتوضح المعادلة الآتية فقدان النيتروجين على شكل غازات عن طريق عملية ال denitrification :

$$2HNO_3 \xrightarrow[-2H_2O]{+4H} 2HNO_2 \xrightarrow[-2H_2O]{+4H} H_2N_2O_2 \begin{cases} \xrightarrow[-2H_2O]{+2H} N_2 \\ \xrightarrow[]{-H_2O} N_2O \xrightarrow[-H_2O]{+2H} N_2 \end{cases}$$

أما العوامل التي تساعد على فقدان النيتروجين على شكل غازات بهذه العملية فهي :

١ – **محتوى التربة الرطوبي** : في الاتربة ذات المحتوى العالي من الرطوبة غير الجيدة الصرف والاتربة الغدقة يكون معدل فقدان النيتروجين على شكل غازات عالياً. اما في الاتربة الجيدة الصرف فيكون معدل فقدان النيتروجين بهذه الطريقة واطئاً. وفي الأتربة الغدقة يقل تركيز الأوكسجين مما ينشط فعالية الكائنات الحية الدقيقة على استهلاك أوكسجين النترات والنتريت.

٢ – **المادة العضوية** : ان زيادة محتوى التربة من المادة العضوية يؤدي الى زيادة معدل عملية ال denitrification وذلك لكون المادة العضوية تقوم بتجهيز الطاقة لنمو بكتريا هذه العملية وكذلك تجهز أيونات الهيدروجين لعملية الاختزال هذه. ان زيادة محتوى التربة من مكونات المادة العضوية السهلة التحلل مثل الكلوكوز والمانتول والسكروز

وسترات الصوديوم يحفز عملية الـ denitrifcation ويزداد معدل حصولها بالتربة ، ولكن هذا المعدل يقل بزيادة محتوى التربة من مادة اللكنين الصعبة التحلل .

٣- **درجة تفاعل التربة** : تتأثر عملية الـ denitrification بدرجة تفاعل التربة : إذ يزداد معدل هذا العملية في الاتربة ذات درجة التفاعل المرتفعة ويكون معدلها واطئاً في الأترية الحامضية . ان النيتروجين يفقد على شكل N_2O بين درجة تفاعل للتربة هي ٤,٩ الى مايقارب من ٥,٦ على حين يفقد على شكل N_2 عند درجة تفاعل ٧,٣- ٧,٩ .

درجة الحرارة : أعلى معدل لعملية الـ denitrification يكون عند درجة حرارة هي ٦٠ - ٦٥ درجة مئوية ، ويسود فقدان النيتروجين على شكل N_2O في الدرجات الواطئة و N_2 في الدرجات العالية .

ب- يمكن ان يفقد النيتروجين من التربة على شكل غازات عن طريق تفاعلات كيمياوية . ويحصل هذا خاصة في التربة الحامضية الجيدة التهوية . ومن هذه التفاعلات :

$$3HNO_2 \longrightarrow 2NO + HNO_3 + H_2O$$

هذا التفاعل يحصل في الأترية التي درجة تفاعلها ٥ ، ويزداد حصول مثل هذا التفاعل عند انخفاض درجة تفاعل التربة الى اقل من ٥ . وبما ان NO تتطاير ، لهذا تفقد من التربة الى الجو على شكل غازات وتقلل بذلك من محتوى التربة النيتروجيني . وفي الاتربة المتعادلة أو القاعدية يكون تكوّن NO قليلاً .

أما التفاعل الآخر الذي يمكن عن طريقه أن يفقد النيتروجين على شكل غازات تحت الظروف الملائمة فهو تفاعل HNO_2 مع الأحماض الأمينية ليكون N_2 كما في المعادلة الآتية :

$$RNH_2 + HNO_2 \longrightarrow ROH + H_2O + N_2$$

هذا التفاعل يعرف بتفاعل Van slyke ، ويحصل عند درجة تفاعل للتربة مقداره ٥ أو أقل . التفاعل الآخر هو تفاعل الأمونيا (أو الأمونيا الناتجة من اليوريا) مع HNO_2 وينتج عن هذا التفاعل غاز النيتروجين الذي يفقد من التربة كما في المعادلات الآتية :

$$NH_3 + HNO_2 \longrightarrow NH_4NO_2$$

$$NH_4NO_2 \longrightarrow N_2 + 2H_2O$$

او

$$CO(NH_2)_2 + 2H_2O \longrightarrow (NH_4)_2CO_3$$
$$(NH_4)_2CO_3 \longrightarrow 2NH_3 + CO_2 + H_2O$$
$$NH_3 + HNO_2 \longrightarrow NH_4NO_2 \longrightarrow N_2 + 2H_2O$$

ج – تطاير الأمونيا : يمكن أن يفقد النيتروجين من التربة على شكل أمونيا وذلك عندما تضاف الأسمدة النيتروجينية الحاوية على الأمونيوم على سطح الأترية القاعدية كما في المعادلة الآتية :

$$NH_4^+ + H_2O + OH^- \longrightarrow NH_3 + 2H_2O$$

ولقد تبّين من الدراسات والبحوث بأن معدل فقدان النيتروجين على شكل غاز الأمونيا يكون واطئاً تحت الظروف الآتية للتربة ، وذلك عندما يضاف النيتروجين على شكل أمونيوم :

١ – التربة ذات السعة التبادلية الكاتيونية العالية .
٢ – التربة ذات المحتوى العالي من الرطوبة .
٣ – التربة ذات درجة التفاعل الواطئة ، إذ وجد أن كمية الفقد تكون ٥ ٪ عندما تكون درجة تفاعل التربة ٥ و ٥٠ ٪ عندما تكون درجة تفاعل التربة ٨ .
٤ – درجات الحرارة المنخفضة .
٥ – عند وضع الأسمدة تحت سطح التربة .

٥ – تثبيت الأمونيوم في التربة

ان نيتروجين التربة على صورة NH_4^+ يتعرض الى حالة احتفاظ التربة به . وهذا يحصل على سطوح معادن الطين عن طريق ادمصاص الأمونيوم ذي الشحنة الموجبة من لدن الشحنات السالبة لمعادن الطين. وبذلك يكون النيتروجين بصورة الأمونيوم أقل تعرضاً لعمليات الغسل من صورة النيتروجين الاخرى وهي النترات التي تكون حرة في محلول التربة معرضة للفقد بالغسل نظراً لكون حبيبات التربة غير قادرة على امتصاص النترات ذات الشحنة السالبة . ان الامونيوم المدمصة تكون جاهزة للنبات إذ لها القابلية على التبادل مع كاتيونات اخرى موجودة في محلول التربة في ظروف معينة ، اضافة الى انها في حالة اتزان مع الامونيوم الموجودة في محلول التربة وهي بذلك تعد مخزناً لامونيوم محلول التربة .

إن الامونيوم في محلول التربة يمكن أن تتعرض الى عملية أخرى غير عملية الادمصاص التي تعد عملية فقد لنتروجين محلول التربة. وهذه العملية هي تثبيت الامونيوم في معادن الطين والمادة العضوية. إن معادن الطين 2:1 لها القدرة على تثبيت الأمونيوم ويعد معدن الفورمكيوليت الأكثر قدرة وقابلية على التثبيت ثم يتبعه الاليت وبعده المونتمورولنيت. ان ميكانيكية التثبيت يمكن توضيحها بصورة مبسطة، وهي ان ايونات الأمونيوم تدخل بين صفائح ووحدات معادن الطين في فتحات مشابهة لحجمها وبذلك تصبح هذه الأيونات جزءاً من صفيحة المعدن مثبتة فيه غير قادرة على الحركة. وذلك لان دخول ايونات الأمونيوم بين صفائح معادن الطين يجعل هذه المعادن تفقد قدرتها على الأنفراج والتمدد لحلول أيون الأمونيوم بين ذرات الأوكسجين وربطه للصفائح معاً، فيفقد بذلك الطين مقدرته على التمدد، ويصبح الأمونيوم من ثم غير قابل للتبادل ويحرر جزءاً يسيراً منه للنبات. ان تثبيت الأمونيوم في بعض الحالات يعد أحد الطرق للمحافظة على نتروجين التربة وذلك لأن معدل تحرره واطئ وهو بذلك يعد مخزناً للنيتروجين المتبادل والموجود في محلول التربة لكون هذه الأجزاء الثلاثة للنيتروجين (المثبت، والمتبادل والموجود في محلول التربة) في حالة اتزان كما في المعادلة الآتية:

$$NH_4 \rightleftarrows NH_4 \rightleftarrows NH_4$$

مثبت — متبادل — في محلول التربة

إن مادة التربة العضوية يمكن أن تثبت الأمونيوم، وذلك عن طريق تفاعل الأسمدة النيتروجينية، الحاوية على الأمونيوم أو التي تولد الأمونيوم بعد سلسلة تفاعلات داخل التربة، مع المادة العضوية للتربة مكونة مركبات مقاومة للتحلل. اما الظروف الملائمة لهذا التثبيت فهي وجود الأوكسجين ودرجات تفاعل التربة العالية. ان الأمونيوم المثبتة بالمادة العضوية أسهل تحرراً من الامونيوم المثبتة بمعادن الطين وذلك عن طريق عملية التعدين.

السوال المهم في موضوع فقدان النيتروجين من التربة هو: هل يمكن تقليل فقد النيتروجين من التربة بعملية الغسيل وعملية الـ denitrification. من أجل تجنب الفقد الكبير للنتروجين على شكل نترات نتيجة لعمليات غسل التربة أو عن طريق تحول هذه النترات الى غازات تفقد من التربة بوساطة عملية الـ denitrification، فأنه خلال السنوات القليلة السابقة قد تم التوصل الى اضافة مواد كيمياوية مانعة لعملية التأزت أي تحول الأمونيوم الى نترات. ومن أهم هذه المواد هي:

1 – Nitrapyrin (2 – chloro – 6 –[trichloromethyl] pyridine = N – serve

2 – ST (2 – sulphanilamide thiazole)

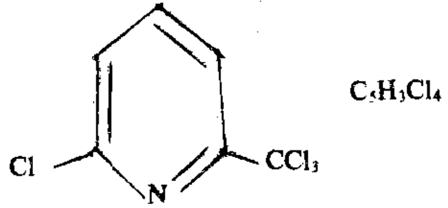
3 – Terrazole (5 – ethoxy – 3 – trichloromethyl – 1,2,4,thiadizole)

4 – KN_3 (Potassium azide)

5 – CS_2 (Carbon disulphide)

6 – Dicyandiamide ($H_2N - C(=NH) - NH - C \equiv N$)

ومن اهم هذه المثبطات لعملية التأزت هي مادة N – Serve المصنعة في اميركا بوساطة شركة صناعية تسمى Dow Chemical Company والتركيب الكيمياوي لهذه المادة هو:



هذه المادة تعمل على ايقاف عملية اكسدة الامونيوم الى نتريت عن طريق بكتريا من نوع Nitrosomonas . وهذه المادة لاتعمل ضد نشاط البكتريا من نوع Nitrobacter التي تقوم بأكسدة النتريت الى نترات في التربة ، وهذه المادة ايضاً غير مضرة بالكائنات الحية الدقيقة الاخرى. لهذا فأن هذه المادة تعمل على تقليل او ايقاف فقد النيتروجين بعملية الغسل او على شكل غازات بوساطة عملية الـ denitrification ، وذلك عن طريق ابقاء نيتروجين التربة المضافة (الاسمدة النيتروجينية الحاوية على الامونيوم وسماد اليوريا) بصورة امونيوم NH_4^+ . ان بقاء النيتروجين في التربة بصورة امونيوم له بعض الايجابيات ومن اهمها :

١ – تقليل الفقد بالنتروجين بعمليات الغسل والـ denitrification الذي قد يصل في بعض الحالات الى ٥٠٪ من النيتروجين المضاف.

٢ – تقليل عدد دفعات النيتروجين المضاف ، إذ ان اضافة النيتروجين بدفعة واحدة مع N–Serve ، ربما يجهز الكمية المناسبة من النيتروجين للمحاصيل التي تحتاج للنيتروجين على دفعات.

٣- نمو معظم النباتات يكون افضل عندما تغذى بالنيتروجين على شكل امونيوم+ نترات وليس على شكل امونيوم او نترات لوحدها. لقد وجد الباحث (Al- Niemi 1976) أن اضافة مادة N- serve مع اليوريا لنبات الحنطة (التغذية بالامونيوم+ نترات) ادى الى اعطاء حاصل افضل للمادة الجافة مقارنة بالحاصل الناتج عن تغذية نبات الحنطة بنترات الكالسيوم (التغذية بالنترات فقط) لاحظ الجدول (١٣).

الجدول (١٣) تأثير اضافة مادة N - serve في حاصل المادة الجافة لنبات الحنطة

المعاملة السمادية	كمية النتروجين المضاف / جزء بالمليون	كمية N- serve المضافة جزء بالمليون	حاصل المادة الجافة (غرام - سندانة) تربة مزيجية سلتية	تربة مزيجية طينية
	صفر	صفر	٤,٦٥	١,٠٤
اليوريا	٤٠	صفر	١١,٠٠	٥,٩٣
اليوريا+N- serve	٤٠	٢٠	١١,٧٠	٥,٩٥
نترات الكالسيوم	٤٠	صفر	٨,٩٥	٥,٦٧

كذلك وجد بدراسات اخرى (Christy 1976) أن اضافة مادة N- Serve مع النتروجين الى نبات الذرة الصفراء ادى الى زيادة الحاصل (لاحظ الجدول ١٤).

الجدول (١٤) تأثير اضافة N - serve على حاصل نبات الذرة الصفراء

مستويات النيتروجين المضاف باوند / ايكر	حاصل الذرة الصفراء بوشل / ايكر بدون N- serve	مع N- serve
١٢٠	١٠٠,٣	١٤٠,٥
٢٠٠	١٢٦,١	١٥٧,٣

٤- امتصاص النبات من التربة يزداد عند تغذية النبات على الامونيوم.
٥- امتصاص النبات للنتيروجين على صورة امونيوم يقلل من تركيز النترات في نباتات الاسبيناغ ، والطماطة ، والخس ، والفجل ، والبنجرالسكري .
٦- امتصاص النبات للنيتروجين على صورة امونيوم يؤدي الى زيادة تركيز الاحماض الامينية والبروتينات لعدد من النباتات مثل الذرة الصفراء والحنطة .
٧- تغذية النبات بالنيتروجين على صورة امونيوم يقلل من اصابة عدد من النباتات بالامراض مثل امراض Verticillium wilt و Texas root rot (Phymatotri-chum)على نبات القطن ، ومرض Take-all (Ophiobolus) على نبات الحنطة ، وكذلك مرض Potato Scab (Streptomyces scabies) على نبات البطاطا .

يفضل اضافة المواد المانعة لعملية التأزت مع الاسمدة النيتروجينية او اليوريا بدفعة واحدة في الخريف من اجل الحصول على كفاءة عالية لاستعمال هذه المواد وكذلك الحصول على مردود اقتصادي جيد عن طريق زيادة الانتاج .

4.6 دور النيتروجين في تغذية ونمو النبات

يمتص النبات النيتروجين على صورة نترات او امونيوم بشكلها المعدني وتختزل هذه بدورها داخل النبات وتتحول الى الشكل العضوي المهم في بناءالخلية النباتية . إن عنصر النيتروجين هو جزء تركيبي لكثير من المواد والمركبات النباتية . وهذه تضم الاحماض الامينية والبروتينات .

ان النترات التي يمتصها النبات تختزل داخل أنسجته الى امونيا ،

$NO_3 \longrightarrow NO_2 \longrightarrow NH_3$ ⟵ احماض امينية ⟵ بروتينات

والامونيا بدورها تتحد مع المواد الكاربوهيدراتية الذائبة لتكون الاحماض الامينية وهذه ترتبط بعضها ببعض بروابط امينية لتكون البروتينات التي تعتبر اهم مكونات الخلية النباتية .

يدخل النيتروجين في بناء الكلوروفيل النباتي ، ولذلك فأن عنصر النيتروجين يزيد من خضرة النبات ويشجع النمو الخضري بشكل كبير. ان المركبات التي تضم النيتروجين كثيرة ولكن يمكن القول بأن النيتروجين مهم كأهمية المركبات التي تحتوي على النتروجين. وبما أنه أحد مكونات البروتينات ، والانزيمات والكلوروفيل فإنه يدخل في كل العمليات والتفاعلات المرتبطة بالبروتوبلازم والتفاعلات الانزيمية وعملية التركيب الضوئي .

يلعب النيتروجين المضاف الى التربة كسماد نتروجيني دوراً كبيراً في زيادة نمو النبات وبالتالي زيادة الحاصل. ان استجابة المحاصيل للاسمدة النيتروجينية تكون واضحة وكبيرة عندما يكون محتوى الأتربة من النيتروجين التي تنمو بها هذه المحاصيل واطئاً، وتكون الاستجابة قليلة او معدومة لاضافة الاسمدة عندما يكون محتوى الاتربة من النيتروجين عالياً. في المناطق الجافة وشبه الجافة تكون الاستجابة للاسمدة النتيروجينية معتمدة بصورة كبيرة على الامطار الحولية ونظام توزيعها مالم يتم استعمال مياه الري، وكذلك تعتمد الاستجابة للاسمدة على ظروف اخرى كالمحتوى الخصوبي للتربة والظروف المناخية للمنطقة.

في كثير من الدراسات والبحوث وجدت علاقة ايجابية بين الاسمدة النيتروجينية المضافة الى الاتربة التي تعاني من نقص النيتروجين وحاصل معظم المحاصيل النباتية النامية فيها. لقد وجد في تجارب حقلية وكما هو موضح في الجدول (١٥) بأن هناك استجابة من لدى نبات الحنطة للاضافات المتزايدة من السماد النيتروجيني.

الجدول (١٥) تأثير التسميد النيتروجيني على حاصل نبات الحنطة

المعاملة	حاصل الحبوب طن / هكتار		
كغم نيتروجين / هكتار	سنة ٧٤ – ٧٥	٧٥ – ٧٦	٧٦ – ٩٧٧
٦٠	٣,٤	٤,١	٣,٩
٨٠	٣,٨	٤,٣	٤,٦
١٠٠	٣,٩	٤,٥	٤,٦
١٢٠	٣,٩	٤,٦	٤,٧

4.7 صور النيتروجين وعلاقتها بامتصاص العناصر الغذائية ودرجة تفاعل التربة

4.7.1 صور النيتروجين وامتصاص العناصر الغذائية :

ان معدل امتصاص كل أيون (كاتيون أو انيون) يتأثر بتركيز الأيونات الآخرى في وسط النمو. فتزاحم ايونين أو أكثر على عملية الامتصاص سوف يؤثر في معدل امتصاص النبات لها. ولقد بين كثير من الباحثين منهم(Vanitallie 1938 ، و Wallace et al. 1948)ان زيادة معدل امتصاص كاتيون معين يؤدي الى قلة معدل امتصاص كاتيون أوكاتيونات آخرى ولكن بالمقابل يؤدي الى زيادة معدل امتصاص انيون أو أكثر. وأشار(Bear 1950) الى ان زيادة امتصاص أي كاتيون أو انيون يكون على حساب الكاتيونات أو الانيونات الاخرى ، وافترض المعادلة الآتية التي توضح وتبين العلاقة بين الكاتيونات والأنيونات في عملية الامتصاص أي التوازن الانيوني – الكاتيوني داخل النبات.

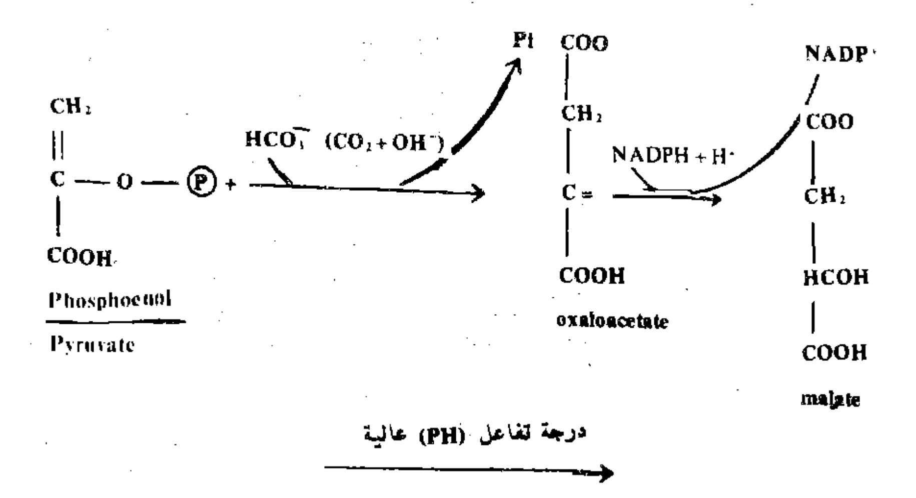
$$\frac{K + Ca + Mg + Na}{N + P + S + Cl + Si} = \text{Constant}$$

لقد آثار موضوع التوازن الانيوني – الكاتيوني داخل النبات عناية العديد من الباحثين وأثبتت الدراسات الحديثة ان المعادلة الآتية هي التي تسود في عملية التوازن الانيوني – الكاتيوني وهي بدورها تعتمد بدرجة كبيرة على معادلة Bear :

الكاتيونات المعدنية = الانيونات المعدنية + الانيونات العضوية
المتصة   المتصة   المتولدة داخل النبات

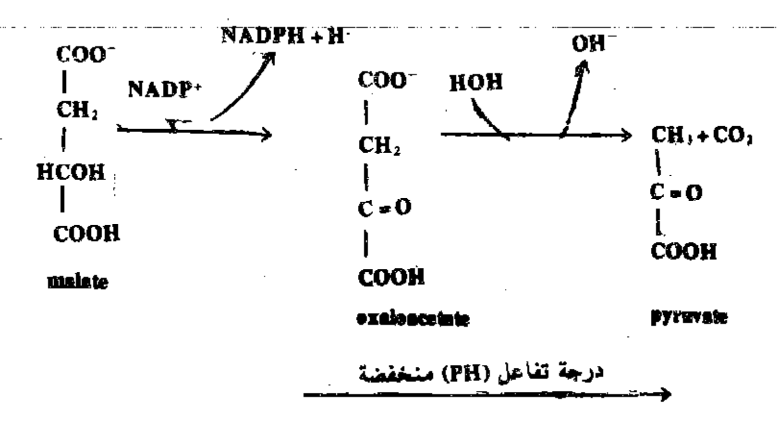
ولتوضيح هذه المعادلة الأخيرة ، يمكن القول بأن النباتات تمتص عادة الكاتيونات والأنيونات بكميات غير متساوية من الوسط الغذائي ، وهذا الاختلاف يؤدي الى عدم التوازن في الامتصاص الكاتيوني – الانيوني داخل النبات ، وعدم التوازن هذا يعادل أو يعوض في النبات بتجمع أو تحلل الانيونات العضوية وخاصة الانيون العضوي المااليت. ويحافظ على التوازن الأيوني في الوسط الغذائي والنبات بالتوازن الكهربائي (الشحنات الموجبة أو الشحنات السالبة) ولتوضيح هذا بصورة مبسطة نقول لو كان الامتصاص الكاتيوني (الشحنات الموجبة) من لدن النبات أكبر من الامتصاص الانيوني (الشحنات السالبة) من الوسط الغذائي فأن النبات يقوم بالمحافظة على التوازن الايوني للوسط الغذائي وذلك عن طريق فرز أيونات الهيدروجين (شحنات موجبة) الى الوسط الغذائي ، أما التوازن الأيوني داخل النبات فيعادل في هذه الحالة (زيادة امتصاص الكاتيونات وقلة

امتصاص الانيونات)، أي حالة زيادة محتوى النبات من الكاتيونات عن احتوائه للانيونات بتشجيع تجميع الأنيونات العضوية عن طريق زيادة تمثيل ثاني أوكسيد الكربون. إن الامتصاص الكاتيوني هنا يشجع تكون الانيون العضوي الماليت، وذلك عن طريق توفير الظرف الملائم لتكوينه، وهو رفع درجة تفاعل الخلية (فرز النبات للهيدروجين مقابل امتصاص الكاتيونات) بسبب انخفاض تركيز أيون الهيدروجين للخلية النباتية (لاحظ الشكل ١٤).



الشكل (١٤) يوضح تكون الانيون العضوي عند زيادة درجة تفاعل الخلية النباتية.

أما في حالة كون الامتصاص الانيوني أكبر من الامتصاص الكاتيوني من الوسط الغذائي فأن النبات في هذه الحالة يقوم بالمحافظة على التوازن الأيوني للوسط الغذائي عن طريق فرز OH^- (HCO_3^-) الى الوسط الغذائي. أما التوازن الأيوني داخل النبات فيعادل في هذه الحالة (زيادة امتصاص الانيونات وقلة امتصاص الكاتيونات) بتقليل معدل تجمع الانيونات العضوية عن طريق خفض معدل تمثيل ثاني اوكسيد الكربون فيقل تكون الانيون العضوي الماليت. والامتصاص الانيوني هنا يزيد من تحلل الماليت عن طريق توفير الظرف الملائم لتحلله، وهو خفض درجة تفاعل الخلية بسبب زيادة تركيز أيون الهيدروجين (فرز OH^- الى الوسط الغذائي) فيها (لاحظ الشكل ١٥).



الشكل (١٥) يوضح تحلل الانيون العضوي عند انخفاض درجة تفاعل الخلية النباتية.

لتطبيق ماذكر على العلاقة بين صور النيتروجين التي يمتصها النبات (النترات والأمونيوم) والتوازن الانيوني – الكاتيوني، أي تأثير صور النيتروجين على امتصاص العناصر الغذائية من لدن النبات فأن لصور النيتروجين تأثيراً ملحوظاً على التوازن الأيوني. في حالة تغذية النبات بالنيتروجين على صورة نترات يزداد امتصاص النبات للنترات والكاتيونات، ولكن النترات الممتصة تختزل داخل النبات مولدة OH^- كما في المعادلة الآتية:

$$NO_3^- + 8H^+ + 8e^- \longrightarrow NH_3 + 2H_2O + OH^-$$

إن جزء من الـ OH^- يفرز من الجذر الى الوسط الغذائي تعويضاً عن الشحنات السالبة التي دخلت النبات كانيونات (نترات) والجزء الآخر يؤدي الى رفع درجة تفاعل الخلية التي تكون ظرفاً ملائماً لتكون الانيونات العضوية (الماليت) لموازنة الكاتيونات الممتصة عند تغذية النبات بالنترات. من هذا يتضح بأن تغذية النبات بالنترات يؤدي الى زيادة امتصاص الكاتيونات وتجمع الانيونات العضوية داخل النبات.

أما تغذية النبات بالنيتروجين على صورة أمونيوم فأن ذلك يؤدي الى زيادة تركيز الأمونيوم والأنيونات المعدنية مثل S,P,Cl داخل النبات والى قلة تركيز الكاتيونات Ca,Mg,K والأنيونات العضوية. وتعود قلة تكون الماليت الى زيادة امتصاص الانيونات المعدنية.

من الدراسات التي تثبت أن زيادة امتصاص النبات للامونيوم يقلل من معدل امتصاص النبات للكاتيونات، وكذلك زيادة امتصاص النبات للنترات يزيد من امتصاص للكاتيونات ماوجده الباحث (Kirkby 1968) والموضحة نتائجه في الجدول

(١٦) كذلك توصل الباحثان(Al-Niemi and Colliver 1982)عند دراستهما لتأثير صور النيتروجين على الامتصاص الكاتيوني من قبل نبات الحنطة بان تغذية النبات بالامونيوم (يوريا + N-serve) قللت من تركيز الكاتيونات داخل النبات ، على حين ادت تغذية النبات بالنترات (نترات الكالسيوم) الى زيادة تركيز الكاتيونات ، (لاحظ الجدول ١٧).

الجدول (١٦) تأثير النيتروجين على امتصاص نبات الخردل الكاتيونات

صور النتروجين	الكالسيوم	المغنيسيوم	البوتاسيوم
	مليمكافيء / ١٠٠ غرام مادة جافة		
النترات	١٠٧	٢٨	٨١
الامونيوم	٧٢	٢٢	٤٠

الجدول (١٧) تأثير تغذية نبات الحنطة بالامونيوم والنترات على الامتصاص الكاتيوني

المعاملة	الكالسيوم ٪	المغنيسيوم ٪	البوتاسيوم ٪
امونيوم(يوريا + N – serve) ٢٠ جزء بالمليون نيتروجين	٠,٥٧	٠,٠٦٢	٢,٢٣
امونيوم (يوريا + N – serve) ٤٠ جزء بالمليون نيتروجين	٠,٥٦	٠,٠٦٠	٢,٠٧
نترات (نترات الكالسيوم) ٢٠ جزء بالمليون نيتروجين	٠,٧١	٠,٠٧٤	٢,٤٢
نترات (نترات الكالسيوم) ٤٠ جزء بالمليون	٠,٦٣	٠,٠٧١	٢,٢٣

4.7.2 صور النيتروجين ودرجة تفاعل التربة

تلعب صور النيتروجين النترات والامونيوم دوراً مهماً في درجة تفاعل التربة. ان التوازن الكهربائي الكيميائي في الوسط الغذائي يجب ان لايتأثر كثيراً بالتغذية بالنترات او الامونيوم. عندما يكون الامونيوم هو المصدر الرئيس للنيتروجين في تغذية النبات فان كميات عالية منه يمتصها النبات وفي هذه الحالة يحافظ على التوازن الكهربائي الكيميائي في الوسط الغذائي عن طريق فرز النبات لايونات الهيدروجين بصورة شحنات موجبة بدلاً من الشحنات الموجبة الممتصة كأمونيوم، الى الوسط الغذائي وهذا يؤدي الى خفض درجة تفاعل الوسط الغذائي اي زيادة الحامضية. أما عندما تكون النترات هي المصدر الرئيس للنيتروجين في تغذية النبات فان الكميات العالية التي يمتصها النبات منه تجعل النبات يقوم بفرز OH^-(HCO_3^-) للمحافظة على التوازن الكيميائي الكهربائي للوسط الغذائي، وهذا يؤدي الى زيادة درجة تفاعل التربة اي زيادة قاعدية الوسط الغذائي.

4.8 اعراض نقص النيتروجين

هناك اعراض مرئية لنقص العناصر الغذائية تعطي اسساً ذات فائدة كبيرة للتعرف على الظروف الغذائية للنبات، وهذه الاعراض سببها سلسلة من عدم الانتظام في العمليات الحيوية. ان اعراض النقص يمكن ان تعالج في بداية نمو النبات وذلك عن طريق اضافة الاسمدة الى التربة. ان نقص عنصر النيتروجين يتصف بمعدل نمو ضعيف، اذ ان النباتات تبقى صغيرة، والسيقان طويلة ورفيعة والاوراق صغيرة. والقديمة منها تتساقط قبل اكتمال نضجها في معظم الاحيان. يتأثر نمو الجذور اذ تحصل اعاقة في نمو التفرعات الجذرية وان نسبة الجذور الى اجزاء النبات العليا تزداد. يظهر على الاوراق الاصفرار ويكون توزيع هذا الاصفرار متنظماً على كل الورقة، وفي المرحلة الاخيرة من النقص يظهر موت موضعي لانسجة الورقة. تبدأ اعراض النقص على الاوراق القديمة (الاوراق السفلى) اولا حيث يبدأ الاصفرار برأس الورقة ثم العرق الوسطي وبعد ذلك يغطي معظم الورقة. يشير (Bennett 1993) بان التراكيز الملائمة لعنصر النتروجين في ورقة عرنوص الذرة الصفراء عند تكوينه لاعطاء نمو جيد هي ٢,٧٪ – ٣,٥٪. اما عند مرحلة تكوين الورقة الثالثة أو الرابعة للنبات فان التراكيز الملائمة من هذا العنصر في النبات ككل لغرض التحليل النباتي هي ٣,٥٪ – ٥,٠٪. اما في نبات الذرة البيضاء **(Sorghum)** فان التراكيز الخاصة بعنصر النتروجين التي تشير الى حالة النقص أو الحد الحرج عند تحليل الانسجة النباتية للاوراق او النبات ككل عند مرحلة البادرات كمرحلة نمو للنبات هي

٣,٣٪ – ٥,٣ ٪ اما عند مرحلة النمو الخضري فهي ٢,٥ ٪ – ٣,٢٪ ، اما عند مرحلة التزهير وللأوراق فقط فهي ٢,٠ ٪ – ٣,٠ ٪ ولمرحلة ملىء الحبوب ١,٦ – ١,٨ ٪. اما التراكيز العالية والتي هي فوق حاجة النبات فهي اكثر من ٤ ٪ عند مرحلة النمو الخضري وذلك لكل من الاوراق والنبات ككل عند اجراء التحليل لها ، والتراكيز الحرجة والاعتيادية لعنصر النتيروجين في نبات قصب السكر عند تحليل نصل اعلى ورقة من النبات هي على التوالي ١,٨ ٪ و ٢,٠ ٪ – ٢,٦٠ ٪ ، وبالنسبة لنبات البنجر السكري فان التراكيز الحرجة والتراكيز التي تشير الى حالة النقص والملائمة لعنصر النتروجين في نصل الاوراق هي على التوالي ٢,٥ ٪ و ١,٩ ٪ – ٢,٩ ٪ و ٣ ٪ – ٦ ٪ ، وفي نبات فستق الحقل فان الحد الحرج من عنصر النتروجين في الاوراق هو ٣,٥ ٪ . اما بالنسبة لنباتي الخيار والرقي فان المستوى الملائم من عنصر النيتروجين في اوراق النبات الكامل النضج هو ٢,٥ – ٥ ٪ ، وفي نبات البصل فان المستوى الملائم من عنصر النتروجين هو ٢,٥ ٪ – ٣ ٪ . وعند تحليل اوراق نبات الطماطة عند مرحلة تكوين الثمار فان التراكيز الملائمة وتراكيز حالة النقص لعنصر النيتروجين هي على التوالي اكثر من ٣,٥ ٪ واقل من ٢,٥ ٪ وفي نبات الفاصوليا فان التراكيز الملائمة لعنصر النيتروجين عند تحليل الورقة كاملة النضج قبل تكوين الازهار هي ٤,٢٥ ٪ – ٥,٥٠ ٪ . وفي نبات البطاطا فان تراكيز حالة الحد الحرج وحالة النقص لعنصر النيتروجين الكلي في نصل اوراق النبات هي على التوالي ٢,٥ ٪ و ١,٩ – ٢,٩ ٪ .

اما بالنسبة للمحاصيل البستنية المثمرة فان التراكيز الاعتيادية وتراكيز حالة النقص لعنصر النيتروجين في اوراق اشجار التفاح هي على التوالي ٢ – ٢,٥ ٪ واقل من ١,٧ ٪ وفي اوراق اشجار الكمثري هي على التوالي ١,٨ – ٢,٦ ٪ واقل من ١,٨ ٪ .

وفي اشجار الحمضيات فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر النتروجين في اوراق هذه الاشجار هي على التوالي اقل من ٢,٥ ٪ و ٢,٥ – ٢,٨ ٪ .

وفي اوراق اشجار الخوخ والنكتارين فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر النيتروجين هي على التوالي اقل من ٢,٣ ٪ و ٢,٦ ٪ – ٣,٠ ٪ .

اما تراكيز حالة النقص الشديد والنقص الخفيف والتراكيز الملائمة وتراكيز الزيادة الخفيفة والزيادة الشديدة في نبات العنب عند تحليل نصل الاوراق للتحري عن عنصر

النيتروجين هي على التوالي اقل من ٢٪ و ٢ – ٢,٤٪ و ٢,٤١ – ٢,٦٠٪ و ٢,٦١ – ٢,٨٠ وأعلى من ٢,٨٠٪.

4.9 الاسمدة النيتروجينية

يمكن تقسيم الاسمدة النيتروجينية الى اسمدة نتروجينية غير صناعية واسمدة نيتروجينية صناعية. وتقسم الاسمدة النيتروجينية غير الصناعية بدورها على :

١ – الاسمدة النيتروجينية الطبيعية وهذه تضم مجموعة املاح النيتروجين المترسبة في مناطق مختلفة من العالم، مثال ذلك نترات الصوديوم، ونترات الكالسيوم والبوتاسيوم وكذلك الامونيا التي يمكن استخراجها من مناجم الفحم الحجري.

٢ – الاسمدة النيتروجينية العضوية وهذه تضم :

أ – النواتج العرضية للحيوانات ومخلفات المجازر ومصانع الزيوت.

ب – بقايا النباتات في الحقل.

جـ – الاسمدة الخُضْر

اما الاسمدة النيتروجينية الصناعية فهي تضم انواعاً مختلفة من الاسمدة من اهمها :

١ – الامونيا

ان عملية تصنيع الامونيا (NH_3) عملية بسيطة حيث تعتمد على طريقة Haber-Bosch المكتشفة سنة ١٩١٣ في المانيا، التي تستند على تفاعل النيتروجين وغاز الهيدروجين لتكوين غاز الامونيا كما في المعادلة الاتية :

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

ان مصادر الهيدروجين لهذه العملية كثيرة منها الماء، والغاز الطبيعي CH_4 والفحم والدهون، والمعادلات الاتية توضح الحصول على الهيدروجين. اما مصادر النيتروجين فهي الهواء :

$$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2$$

$$CH_4 + H_2O \longrightarrow CO + 3H_2$$

$$CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2$$

عند تعريض خليط الهيدروجين والنيتروجين (او غاز الأمونيا) لضغط عال وتحت درجة حرارة ٥٠٠ درجة مئوية وبوجود الحديد عاملاً مساعداً يتحول غاز الامونيا الى السيولة ويتكون سماد Anhydrous ammonia الذي يحتوي على اعلى نسبة من النيتروجين بين الاسمدة النيتروجينية وهي ٨٢٪ وهو اكثر الاسمدة النيتروجينية استعمالاً في الوقت الحاضر في الاسواق العالمية وذلك لمحتواه العالي من النيتروجين ولرخص ثمنه.

ان ذوبان هذا السماد بالماء يؤدي الى تكوين سماد نيتروجيني اخر يعرف بسماد Aqua ammonia الذي يحتوي على ٢٤٪ نيتروجين. ان السمادين Anhydrous ammonia و Aqua ammonia هي اسمدة ذات تأثير قاعدي في بداية اضافتها للتربة حيث ترفع درجة تفاعل التربة في محيط الاضافة فقط الى اعلى من ٩، ولكن بعد بضعة ايام من الاضافة وتحت ظروف التربة الدافئة ذات التهوية الجيدة فان الكائنات الحية الدقيقة (البكتريا) تقوم بتحويل الامونيا الى امونيوم ومن ثم الى نترات التي تقوم بسحب الكاتيونات مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم الى المحيط الجذري او الى خارج محور الجذور. فبهذا يقل محتوى محلول التربة من الكاتيونات القاعدية فتقل قاعدية التربة وتزداد الحامضية اضافة الى ان تحول الامونيا الى نترات هو مصدر لأيونات الهيدروجين كما ذكرنا في عملية التأزت. ومن هذا يتضح بان التأثير النهائي لهذه الاسمدة بعد تفاعلها بالتربة حامضي.

ان السماد Anhydrous ammonia يجب ان لايضاف على سطح التربة مباشرة خوفاً من فقدان النيتروجين بالتطاير ولهذا يجب وضعه تحت سطح التربة وبعمق عدة سنتمترات لتقليل الفقد بالتطاير. ان هذا السماد يعد المادة الخام او مفتاح لتصنيع معظم الاسمدة النيتروجينية.

٢- حامض النتريك

قبل انتشار تصنيع الامونيا كان حامض النتريك (HNO_3) يصنع عن طريق تفاعل نترات الصوديوم مع حامض الكبريتيك كما في المعادلة الاتية:

$$2NaNO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2HNO_3$$

ولكن في الوقت الحاضر يصنع حامض النتريك عن طريق اكسدة الامونيا بالهواء بوجود العامل المساعد البلاتينيوم بدرجة حرارة تقرب من ٩٠٥ درجة مئوية، كما في المعادلات الاتية:

$$4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$$

$$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$$

$$3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO$$

ان الحامض سريع الذوبان ويتفاعل مع معظم المعادن وهو عامل مؤكسد قوي وحامض قوي.

٣- نترات الامونيوم

ان سماد نترات الامونيوم بلورات صلبة بيضاء اللون يحتوي السماد النقي منه على ٣٥٪ نيتروجين ولكن السماد التجاري منه يحتوي على ٣٢٪ الى ٣٣,٥٪ نيتروجين، ونصف نيتروجين هذا السماد على شكل امونيوم، والنصف الثاني على شكل نترات. يصنع هذا السماد من تفاعل حامض النتريك مع الامونيا كما في المعادلة الاتية:

$$HNO_3 + NH_3 \longrightarrow NH_4NO_3$$

ان هذا السماد سريع الذوبان بالماء وذو تأثير حامضي وجاهزية عالية للنبات وهو ملائم لمعظم المحاصيل الحقلية والخضراوات. ويعد هذا السماد من اكثر الاسمدة النيتروجينية الصلبة انتشاراً في الاسواق وهو كثير الاستعمال في الحقول الزراعية. ومن الملاحظات المهمة حوله هو انه لايترك في اكياس مكشوفة وخاصة في المناطق الرطبة، وذلك لامتصاصه للرطوبة.

٤ – كبريتات الامونيوم

ان سماد كبريتات الامونيوم $(NH_4)_2SO_4$ بلورات بيضاء اللون صلبة، يحتوي السماد النقي على ٢١,٢٪ نيتروجين و ٢٤,٢٪ كبريت، ولكن السماد التجاري منه يحتوي على ٢٠ – ٢١٪ نيتروجين و ٢٤٪ كبريت. هذا السماد مولد للحموضة وينصح استعماله في الاتربة ذات درجة تفاعل قاعدية خفيفة او متعادلة ولاينصح باستعماله في الاتربة الحامضية دون استعمال مادة الجير معه. ان درجة غسله من التربة اقل مما هي عليه في سماد نترات الامونيوم، وهو اكثر توليداً للحموضة من سماد نترات الامونيوم بسبب احتوائه على الكبريتات والامونيوم معاً.

يصنع هذا السماد من تفاعل الامونيا مع حامض الكبريتيك كما في المعادلة الاتية:

$$2NH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4$$

كما يمكن تصنيع هذا السماد بطريقة اخرى كما هو حاصل في المانيا ، وذلك من تفاعل الامونيا مع الجبس وثاني اوكسيد الكربون كما في المعادلات الاتية :

$$2NH_4OH + H_2O + CO_2 \rightleftarrows (NH_4)_2CO_3 + 2H_2O$$
$$(NH_4)_2CO_3 + CaSO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3$$

ويكثر من الناحية التطبيقية استعمال هذا السماد في المناطق الجافة وشبه الجافة ، وكذلك يكثر استعماله في حقول الرز، اما في حقول البطاطا ذات درجة تفاعل متعادلة او قاعدية خفيفة فيكثر استعماله للمساعدة في تقليل الاصابة بال Scab الذي تسببه البكتريا. هذا السماد يعد مصدراً لعنصرين ضروريين للنبات هما النيتروجين والكبريت.

٥ - كبريتات - نترات الامونيوم

ان هذا السماد $[NH_4NO_3 . (NH_4)_2SO_4]$ حبيبي يحتوي على ٣٠٪ نيتروجين (١٧٪ امونيوم و ١٣٪ نترات) و ٥٪ كبريت ، ويصنع بتفاعل الامونيا مع حامض النتريك وحامض الكبريتيك. يمكن ان يستعمل بدلاً من سماد نترات الامونيوم للاترية التي تعاني من نقص الكبريت. ان استجابة المحاصيل له قد تساوي استجابة المحاصيل لسماد نترات الامونيوم.

٦ - كلوريد الامونيوم

ان سماد كلوريد الامونيوم (NH_4Cl) بلورات بيضاء اللون يحتوي على ٢٦٪ نيتروجين. يصنع هذا السماد عن طريق تفاعل الامونيا مع حامض الهيدروكلوريك وحسب المعادلة الاتية :

$$NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$$

كذلك يمكن تصنيعه بطريقة اخرى من كلوريد الصوديوم والامونيوم ، كما في المعادلة الاتية :

$$NaCl + NH_3 + H_2CO_3 \longrightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$$

من الناحية التطبيقية وجد بانه يمكن استعماله لمحاصيل القطن والبطاطا والشعير وكذلك وجد بان هناك استجابة كبيرة لمحصول الرز لهذا السماد. ان استعماله قليل مقارناً بالاسمدة النيتروجينية الاخرى ولكنه يعد من الاسمدة الرخيصة في الاسواق التجارية.

٧- اليوريا

ان سماد اليوريا $CO(NH_2)_2$ بلوري ابيض اللون ذو تركيب عضوي ، يحتوي على ٤٥-٤٦٪ نيتروجين. يصنع هذا السماد من تفاعل الامونيا وثاني اوكسيد الكربون حسب المعادلات الاتية :

مصدر ثاني اوكسيد الكربون

$$H_2O + C \longrightarrow CO + H_2$$
$$CO + 2H_2O \longrightarrow H_2CO_3 + H_2$$
$$H_2CO_3 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

مصدر الامونيا

$$3H_2 + N_2 \longrightarrow 2NH_3$$

تتفاعل الامونيا وثاني اوكسيد الكربون تحت درجة حرارة وضغط مناسبين وتكون اليوريا :

$$2NH_3 + CO_2 \longrightarrow NH_2COONH_4$$
$$NH_2COONH_4 \longrightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O$$

ان اليوريا سريعة الذوبان في الماء وهي من الاسمدة المولدة للحموضة لكونها عند التفاعل بالتربة تحت ظروف تهوية ورطوبة جيدة تتحول الى امونيوم الذي تحرر كل جزيئة منه جزيئتين من الهيدروجين ، حسب المعادلات الآتية :

$$CO(NH_2)_2 + 2H_2O \longrightarrow (NH_4)_2CO_3$$
$$(NH_4)_2CO_3 \xrightarrow{+2H} 2NH_4 + CO_2 + H_2O$$
$$2NH_4 + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2 + 2H_2O + 4H^+$$

وينصح من الناحية التطبيقية بعدم اضافة اليوريا الى سطح التربة لان ذلك يؤدي الى فقدان النيتروجين بالتطاير على شكل امونيا وذلك لتحللها السريع الى كاربونات الامونيوم ، ولهذا يجب ان تمزج على عمق معين في التربة لتقليل الفقد بالتطاير. ويمكن تقليل هذا الفقد باستعمال مواد كيمياوية تعطل عمل انزيم اليوريز المسؤول عن تحول اليوريا الى امونيا . ومن هذه المواد مادة 2,5 − dimethyl − P − benzoquinone . يعد سماد اليوريا اكثر الاسمدة النيتروجينية استعمالاً وانتشاراً بين المزارعين وذلك لكونه يحتوي على اعلى نسبة من النتروجين بين الاسمدة الصلبة ولثبوت استجابة معظم المحاصيل والنباتات لاضافته وفي مختلف الاتربة . ان سماد اليوريا يمكن ان يضاف بطريقة الرش على اوراق النباتات وخاصة الحمضيات حيث يمكن ان يمتص عن طريق الاوراق .

في صناعة الاسمدة الحديثة تم تقليل كمية النيتروجين التي تفقد من اليوريا المضافة وذلك عن طريق صناعة اسمدة نيتروجينية من اليوريا يتحرر النيتروجين منها ببطء، وبذلك تقل كمية النيتروجين الموجودة في محلول التربة المتعرضة لعمليات الغسل والتطاير والتثبيت بوساطة معادن الطين على شكل امونيوم. ومن هذه الاسمدة التي يتحرر منها النيتروجين على فترة زمنية طويلة هي :

أ- اليوريا المغلفة بالكبريت

يصنع هذا السماد عن طريق تغليف اليوريا بالكبريت ومادة شمعية لتقليل نشاط الكائنات الحية الدقيقة في تحليل السماد مما يؤدي الى تحرر النيتروجين ببطء. هذا السماد يحتوي على ٣٥٪ نيتروجين. ويتكون هذا السماد تصنيعياً من ٧٦٪ يوريا، و ١٩٪ كبريت، و٣٪ شمع، و٠,٥٪ مادة قيرية فحمية و١,٥٪ طين. ومن نتائج استعمال هذا السماد وجد بانه من الاسمدة الجيدة التي تحرر النيتروجين ببطء. ولقد انخفضت نسبة النيتروجين التي تفقد بالغسل عند استعمال هذا السماد بدلاً من اليوريا او الاسمدة النيتروجينية الاخرى. وقد وجد بالتطبيق ان طائفة من النباتات مثل حشيش برمودا ونبات الرز المزروع في الحقول التي تتأخر فيها عملية التغطية بالماء، قد استجابت لسماد اليوريا المغلفة بالكبريت استجابة جيدة.

ان ارتفاع درجة الحرارة وزيادة محتوى التربة من مركبات الكالسيوم وارتفاع درجة تفاعل التربة في مناخ وترب العراق كل هذا سيؤدي بدوره الى حصول زيادة في فقد الامونيا بالتطاير من سماد اليوريا المضاف الى التربة وبصورة عامة فقدان النيتروجين من سطح التربة على شكل غازات. بالاضافة الى ذلك تؤدي زيادة الماء عن السعة الحقلية للتربة الى زيادة مقدار الفقد في مركبات النيتروجين الذائبة والقابلة للحركة مع الماء الى باطن الارض او المصارف بعيداً عن منطقة الجذور وذلك لكون ان اليوريا من الاسمدة النيتروجينية السريعة الذوبان بالماء. من هذا نجد زيادة اجراء البحوث والدراسات داخل القطر للتقليل من فقد النيتروجين المضاف للتربة بالتطاير او بالغسيل ومن المحاولات استعمال اليوريا المغلفة بالكبريت. ولاحظ بعض الباحثين تفوق اليوريا المغلفة بالكبريت على اليوريا وكبريتات الامونيوم في امداد نباتات الشعير بالنيتروجين حتى فترة النمو ٩ اسابيع وظهر ذلك من نتائج الوزن الجاف للنباتات ومحتوى النيتروجين بها. وكذلك وجد (العابدي وجماعته ١٩٧٨) عند دراستهم لتأثير اليوريا المغطاة بالكبريت على نمو نبات الشعير (جدول ١٨) زيادة واضحة في كفاءة استخدام اليوريا المغلفة بالكبريت كسماد نيتروجيني على

اليوريا اوكبريتات الامونيوم تحت ظروف ترب وسط العراق من حيث تأثيرها على انتاج الوزن الجاف او انتاج الحبوب او المحتوى النيتروجيني في النبات او محتوى الحبوب من البروتين.

جدول (١٨) يوضح تأثير مصادر النيتروجين على حاصل الحبوب لنبات الشعير (غرام/ سندانة)

مصدر النيتروجين	مستويات النيتروجين المضاف (ملغم / سندانة) صفر	٢٠٠	٤٠٠	٦٠٠
كبريتات الامونيوم (٢١٪ نيتروجين)	٥,٢٩	١٠,٠٥	١٣,٧٤	١٤,٨١
اليوريا غير المغطاة (٤٦٪ نيتروجين)	—	١٠,٥٦	١٣,٤٨	١٤,٩٣
اليوريا المغلفة بالكبريت (٣٥,٥٪ نيتروجين)	—	١١,٤٠	١٤,١٥	١٥,٣٢
اليوريا المغلفة بالكبريت (٣٢,٩٪ نيتروجين)	—	١٢,٠٤	١٤,٣٨	١٥,٨٩

ب- يوريا - فورمالدهايد

يصنع هذا السماد من تفاعل اليوريا مع مادة الفورمالدهايد وهذا السماد بطيء الذوبان بالماء، مما يؤدي الى تقليل نسبة النيتروجين التي تتعرض للفقد بعملية الغسل. السماد بطيء الجاهزية للنبات ويحتوي على ٣٨٪ نيتروجين وهو من الاسمدة المولدة للحموضة. هذا السماد لايستعمل في عملية تسميد محاصيل الحقل في الوقت الحاضر بل يستعمل لساحات الكولف وغيرها من المسطحات الخضر.

جـ - هناك اسمدة اخرى مثل Urea — Phosphate

الذي يحتوي على ٢٩٪ نيتروجين و ١٢,٧ فسفور، و Urea — Calctum nitrate الذي يحتوي على ٣٤٪ نيتروجين و ١٠٪ كالسيوم، وهناك اسمدة اخرى كثيرة تسلك سلوك الاسمدة النتروجينية التي تحرر النيتروجين ببطء ومنها Thiourea و Crotonylidene diurea وغيرها.

٨- نترات الكالسيوم

ان سماد نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ بلوري ابيض اللون ، يحتوي على ١٥٪ نيتروجين و ٢١٪ كالسيوم . يصنع هذا السماد من تفاعل حامض النتريك مع مسحوق كاربونات الكالسيوم كما في المعادلة الاتية :

$$2HNO_3 + CaCO_3 \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$$

يعد هذا السماد من اهم مصادر النيتروجين في اوربا ولكنهلايستعمل في اميركا .

٩- نترات الصوديوم

ان سماد نترات الصوديوم ($NaNO_3$) يوجد بشكل طبيعي بشكل ترسبات في شيلي ، والسماد بشكله الطبيعي يحتوي على ١٦٪ نيتروجين وعلى عدد من العناصر وخاصة البورون . ويمكن تصنيعه عن طريق تفاعل حامض النتريك مع كلوريد الصوديوم اوكاربونات الصوديوم وهذا ايضا يحتوي على ١٦٪ نيتروجين ولايحتوي على عناصر صغرى بل هو ملح نقي .

$$3NaCl + 4HNO_3 \longrightarrow 2NaNO_3 + Cl_2 + NOCL + H_2O$$
$$2NOCL + 4HNO_3 \longrightarrow 6NO_2 + 2H_2O + 2Cl$$

١٠- سيناميد الكالسيوم

ان سماد سيناميد الكالسيوم ($Ca\,CN_2$) حبيبي داكن اللون بسبب احتوائه على مادة كربيد الكالسيوم . هذا السماد يحتوي على ٢٠-٢١٪ نيتروجين . ان عملية تصنيع هذا السماد يمكن توضيحها بالمعادلات الاتية :

$$CaCO_3 \xrightarrow{1100C^\circ} CaO + CO_2$$

$$CaO + 3C \longrightarrow \underset{\text{كربيد الكالسيوم}}{CaC_2} + CO$$

$$CaC_2 + N_2 \xrightarrow{1000C^\circ} \underset{\text{سيناميد الكالسيوم}}{CaCN_2} + C$$

ان سماد سيناميد الكالسيوم سهل الذوبان بالماء ، وعند اضافته الى التربة ووجود الماء يتحول الى يوريا وبدورها تتحول الى امونيوم والمعادلات الاتية توضح تفاعل سماد سيناميد الكالسيوم في التربة بوجود الماء :

$$CaN-C\equiv N+2H_2O \longrightarrow H_2N-C\equiv N+Ca(OH)_2$$

سيناميد الكالسيوم — سيناميد

$$H_2N-C\equiv N+H_2O \longrightarrow CO(NH_2)_2$$

يوريا

$$CO(NH_2)_2+2H_2O \longrightarrow (NH_4)_2CO_3$$

$$(NH_4)_2CO_3+2H^+ \longrightarrow 2NH_4^+ + CO_2 + H_2O$$

ان هذا التفاعل كما هو واضح من المعادلات يحتاج الى الماء. ولهذا تكون استجابة النباتات لهذا السماد في ظروف التربة الجافة قليلة. ان استعماله في الزراعة قليل بسبب ظهور الاسمدة النيتروجينية ذات الاسعار المنخفضة.

١١ – الاسمدة النيتروجينية السائلة :

من اهم مجاميع هذه الاسمدة السائلة هي :–

١ – امونيا– نترات الامونيوم

٢ – امونيا– يوريا

٣ – امونيا– يوريا– نترات الامونيوم

٤ – نترات الامونيوم

٥ – نترات الامونيوم– يوريا

ان اسمدة نترات الامونيوم السائلة تحتوي على ١٩–٢١٪ نيتروجين، اما نترات الامونيوم مع اليوريا فتكون سماداً سائلاً يحتوي على ٣٠–٣٢٪ نيتروجين. في سنة ١٩٥٨ لقد تم وضع تفاصيل واضحة وثابتة للاسمدة النيتروجينية السائلة. فمثلاً لو قلنا ماذا تعني الارقام الاتية : (0 — 67 — 17) 370 ، لكان الجواب هذه الارقام تفسر ماياتي :

370 : ٣٧٪ نيتروجين في السماد السائل

17 : ١٧٪ امونيا حرة

67 : ٦٧٪ نترات الامونيوم

0 : نسبة اليوريا (صفر)

هذه الاسمدة السائلة تضاف الى التربة بطريقة الرش بالآت بسيطة ، وفي حالة المساحات الكبيرة يمكن استعمال الطائرات لرش هذا السماد الى الاتربة الخالية من النباتات ، وكذلك يمكن اضافة هذه الاسمدة الى مياه الري.

١٢ - هناك اسمدة نيتروجينية سائلة مخلوطة بالمبيدات

إذ توفر للنبات النيتروجين اضافة الى ذلك المبيدات التي تقضي على الادغال . ومن اهم هذه الاسمدة المخلوطة بالمبيدات هي :

١ - الاسمدة النيتروجينية السائلة + مادة Fluometuron لنبات القطن .

٢ - الاسمدة النيتروجينية السائلة + مادة Atrazine او مادة Simazine لنبات الذرة الصفراء .

٣ - الاسمدة النيتروجينية السائلة + مادة 2,4 - D لمحاصيل الحبوب .

٤ - الاسمدة النيتروجينية السائلة + مادة 2,4 - D للحشائش .

٥ - الاسمدة النيتروجينية السائلة + مادة 2,4 - D للذرة البيضاء .

٦ - الاسمدة النيتروجينية السائلة + مادة Trifluralin لنبات القطن .

الفصل الخامس

5.0 الفسفور

5.1 نظرة عامة

يعد الفسفور من العناصر الغذائية الاساس الضرورية للنبات. ويطلق عليه مفتاح الحياة(The Key to life)وذلك لدوره المباشر في معظم العمليات اذ لايمكن لهذه العمليات داخل الخلايا النباتية ان تجري بدونه. يوجد الفسفور بالتربة بكميات اقل بكثير من كمية النيتروجين وكذلك كمية البوتاسيوم. يوجد الفسفور في القشرة الارضية بنسبة ۰,۱۱ ٪. وتتراوح نسبته الكلية في الاتربة بين ۰,۰۲ الى ۰,۱٥ ٪ والكمية الاساس من هذه النسبة تكون مرتبطة بمادة التربة العضوية. ان محتوى الاتربة من الفسفور مختلف بحسب نوع مادة التربة الاصلية والعمليات الطبيعية التي تحصل في التربة ،ونسجة التربة ، ودرجة الحرارة ، والمحتوى الرطوبي وكذلك عمر التربة. في الترب المعدنية تكون كمية الفسفور الكلي قليلة نسبياً. وبصورة عامة يكون محتوى الاتربة ذات النسجة الخشنة من الفسفور الكلي ، اقل من محتوى الاتربة ذات النسجة الناعمة الموجودة في نفس الظروف الجوية. ولتوضيح تأثير نسجة التربة على محتواها من الفسفور الكلي لاحظ الجدول (١٩) الذي يوضح محتوى الطبقة السطحية (١٧ سم الاولى من مقد التربة) لترب ولاية ايوا في الولايات المتحدة الاميركية التي ذكرها الباحث(Black 1968)في كتابه علاقة التربة بالنبات. اما الاتربة العضوية فان محتواها من الفسفور الكلي اعلى من محتوى الاتربة المعدنية وتزداد نسبته في الطبقة السطحية للتربة بسبب ارتفاع معدل تحلل المادة العضوية فيه. كذلك فان اتربة المناطق الجافة وشبه الجافة يكون محتواها من الفسفور الكلي اعلى من محتوى الاتربة في المناطق الرطبة المتشابهة بالنسجة.

الجدول (١٩) تأثير نسجة التربة على محتوى التربة من الفسفور الكلي

النسجة	الفسفور ٪
تربة رملية	٠,٠٤٠
تربة مزيجية رملية	٠,٠٤٣
تربة مزيجية	٠,٠٥٧
تربة مزيجية سلتية	٠,٠٦٤

5.2 اشكال فسفور التربة ومصادره

يوجد فسفور التربة بشكلين اساسين هما الفسفور المعدني والفسفور العضوي :

١ – الفسفور المعدني : ان مركبات الفسفور المعدني المترسبة في التربة يمكن تقسيمها الى ثلاثة اقسام رئيسة هي :

آ– فوسفات الحديد والالمنيوم Fe – Al Phosphate ومن المركبات التابعة لهذا القسم هي :

Wavellite $Al_3(PO_4)_2(OH)_3 . 5H_2O$

Variscite $ALPO_4 2H_2O$

Strengite $FePO_4 . 2H_2O$

ان ترسبات هذه المركبات تكثر في السنغال، والبرازيل والولايات المتحدة الاميريكية. تكون هذه المعادن ثابتة في الاتربة الحامضية وهي غير قابلة للذوبان.

ب– فوسفات الحديد– الالمنيوم– الكالسيوم Ca-Fe-Al-Phosphate- ومن اهم معادن هذا القسم هي :

Crandallite $Ca\ Al_3(PO_4)_2(OH)_5 . H_2O$

Millisite $(Na, K)\ Ca\ Al_6(PO_4)_4(OH)_9 . 3H_2O$

ان هذه المعادن تكون عادة متحدة بعضها ببعض بمركبات اقسام الفسفور الاخرى.

جـ – فوسفات الكالسيوم Ca – Phosphate

من اهم مركبات فوسفات الكالسيوم الموجودة في التربة هي : –

١ – Fluprapatite $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$

يعد معدن الأبتايت المعدن الرئيس الذي يحتوي على الفسفور في صفحاته ، وهو يوجد في كل الظروف الجيولوجية (ظروف تكون الصخور النارية ، والمتحولة والمترسبة) ، ويعد الابتايت المترسب المصدر الرئيس للفسفور الصناعي . وتكثر هذه الترسبات في السنغال ، والمغرب ، والجزائر، والاردن ، ومصر، وفلسطين المحتلة وكذلك في الولايات المتحدة الامريكية .

٢ –	$3Ca_3(PO_4)_2 . CaCO_3$	Carbonate apatite
٣ –	$3Ca_3(PO_4)_2 . Ca(OH)_2$	Hydroxy apatite
٤ –	$3Ca_3(PO_4)_2 . CaO$	Oxy apatite
٥ –	$Ca_3(PO_4)_2$	Tricalcium phosphate
٦ –	$CaHPO_4$	Dicalcium phosphate
٧ –	$Ca(H_2PO_4)_2$	Monocalcium phosphate

تعد فوسفات الكالسيوم الاحادية والثنائية (٦ و٧) اكثر جاهزية للنبات ثم يتبعها من حيث معدل الذوبان فوسفات الكالسيوم الثلاثية oxy apatite ، و hydroxy apatite ، و Carbonate apatite . وكذلك Fluorapatite التي تعد اقل فوسفات الكالسيوم ذوباناً في التربة وهي غير جاهزة للنبات .

٢ – الفسفور العضوي

يكون الفسفور العضوي في التربة اكثر من نصف الفسفور الكلي وقد يصل الى ٧٥٪ من الفسفور الكلي في بعض الاترية . وتوجد الكميات الكبيرة منه عادة في الاترية العضوية . ومن اهم مركبات الفسفور العضوي الموجودة في التربة هي :

١ – **Inositol phosphates** وهي بصورة عامة جزيئات سكرية مع مجموعة او اكثر من الفوسفات التي تحل محل ايونات الهيدروجين . ومن اهم مركبات هذا الجزء من الفسفور العضوي هو مركب الفايتين (Phytin) . ان معظم الفسفور الذي يوجد داخل البذور يوجد

بصورة فايتين وقد تصل نسبته الى اكثر من ٧٥٪ من فسفور البذور. لقد وجد من الدراسات بان هذا الجزء من الفسفور العضوي يشكل كمعدل مابين ٢٦ – ٣٣٪ من فسفور التربة العضوي.

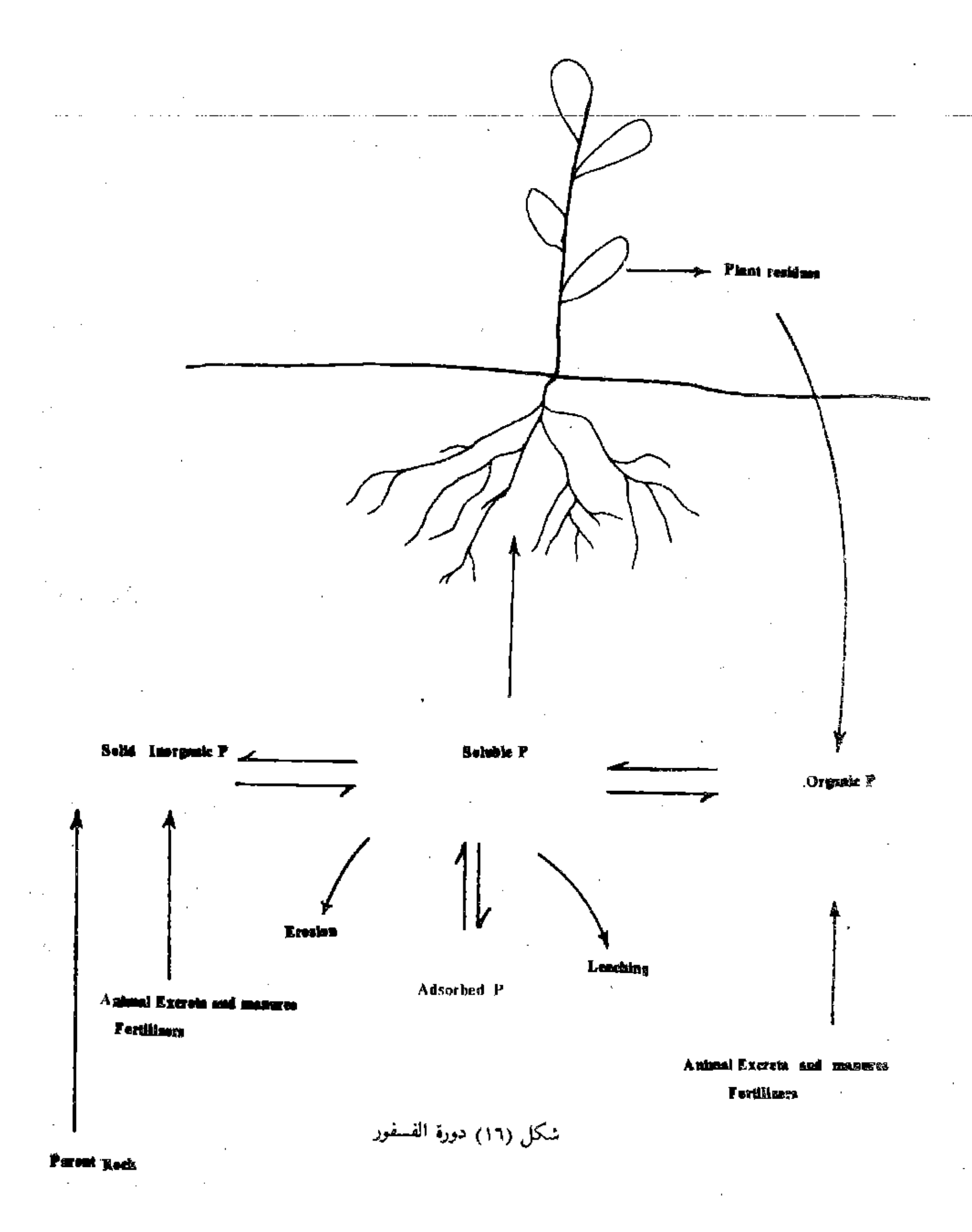
٢ – Nucleic acid ان الاحماض النووية للنبات والحيوان والكائنات الحية الدقيقة عند تحللها داخل التربة تشكل ما يقرب من ١٠٪ من فسفور التربة العضوي.

٣ – Phospholipids الفوسفوليبيدات هي المجموعة الثالثة لمركبات الفسفور العضوية، وهذه المركبات ناتجة عن اتحاد الفسفور بمركبات دهنية. وتصل نسبة هذا الجزء في الفسفور العضوي بما معدله ٥ – ١٤٪.

5.3 معدنة الفسفور العضوي (دورة الفسفور)

ان دورة الفسفور الموضحة في الشكل (١٦) تعد ابسط من دورة النيتروجين في الطبيعة، وذلك لعدم احتواء الفسفور على تبادل غازي بين التربة والجو. ان تحلل المادة العضوية الحاوية على الفسفور يؤدي الى تحول الفسفور العضوي الى فسفور معدني متحرر الى محلول التربة. وهو الصورة التي يمكن للنبات ان يمتصها بسهولة، ولكن على الرغم من تحول الفسفور من صورة عضوية اقل جاهزية للنبات الى صورة معدنية اكثر جاهزية للامتصاص من قبل النبات، الا انه لايخلو من امر غير مرغوب فيه بعملية المعدنة هذه، على عكس ماهو موجود في دورة النيتروجين. والسبب في هذا الامر غير المرغوب فيه هو ان التحلل المعدني للفسفور قصير المدى اذ انه بمجرد تحرر الفسفور من المادة العضوية الى محلول التربة يتفاعل مع كاتيونات مختلفة موجودة في محلول التربة مما يؤدي الى تكون مركبات غير ذائبة او قليلة الذوبان، فيؤدي ذلك الى خفض جاهزية الفسفور وتقليل كمية المتيسر منه للنبات.

من العمليات التي يتعرض لها فسفور محلول التربة اضافة الى تفاعلاته الكيمياوية بكاتيونات محلول التربة، والامتصاص من قبل النبات، والفقد عن طريق الغسل من محلول التربة الى خارج محور الامتصاص لجذور النبات عند ازدياد كمية الامطار المتساقطة وخاصة في الاترية الرملية ذات القابلية المنخفضة للتفاعل مع الفسفور، والفقد عن طريق التعرية المائية بسبب انجراف التربة السطحية الحاوية على الفسفور. كذلك يتعرض فسفور محلول التربة الى عملية ادمصاص، اذ تحمل ايونات الفسفور بقوة بوساطة الشحنات



شكل (١٦) دورة الفسفور

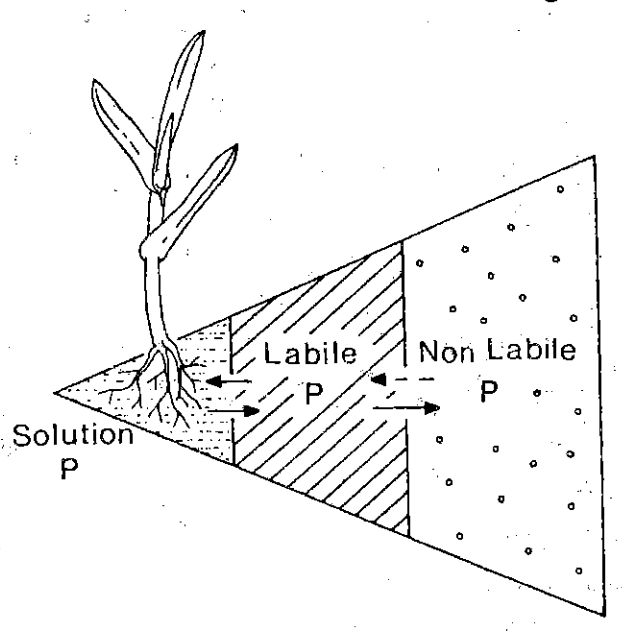
الموجبة على سطوح التبادل ، وهذا الفسفور المدمص يكون اكثر جاهزية للنبات من الفسفور الموجود في المعادن الاولية مثل الابتايت وغيرها من المعادن.

ان الفسفور الذي في التربة يمكن ان يقسم الى ثلاثة اقسام من حيث جاهزيته وتيسره للنبات القسم الاول هو الفسفور في محلول التربة وهو الفسفور الذائب الذي تكون كميته

قليلة جداً مقارنة بالأقسام الاخرى للفسفور: اذ تتراوح بين ٠,٣ الى ٣ اجزاء بالمليون ومن النادر ان تتعدى ١٠ اجزاء بالمليون. يمتص النبات الفسفور المعدني الذائب وقد يمتص قليلاً من الفسفور العضوي. لذلك فالمحافظة على تركيز الفسفور الذائب في محلول التربة ذات اهمية كبيرة لنمو النبات والمحافظة على تركيز الفسفور الذائب يكون عن طريق تعويض مايفقد منه بالامتصاص وخاصة في محور نمو الجذور. ان عنصر الفسفور صعب الحركة داخل التربة ،والنبات بنموه يؤدي الى اندفاع جذوره الى اعماق التربة وبذلك يصبح النبات على اتصال بالفسفور الذائب أو فسفور محلول التربة ، وكذلك يمكن ان تساعد عمليتا الانتشار والجريان الكتلي ولو بكمية قليلة من الفسفور بالتعويض عن الفسفور الذي استنزفه النبات في منطقة نمو الجذور. ان الصور التي يوجد فيها الفسفور في محلول التربة هي PO_4^{3-} و $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{2-} وان سيادة احد هذه الصور في محلول التربة تعتمد اعتماداً كبيراً على درجة تفاعل التربة اي على تركيز ايون الهيدروجين في محلول التربة. وتعد الصورة H_2PO_4 هي السائدة في الاتربة الحامضية ، حيث يكون تركيزها عالياً في الاتربة التي تكون درجة تفاعلها اقل من ٧ ويزداد تركيزها بانخفاض درجة تفاعل التربة ، اما الصورة HPO_4^{2-} فيزداد تركيزها في درجات تفاعل التربة العالية ، حيث تصبح الصورة السائدة عند درجة تفاعل التربة ٧,٢ أو اعلى ، وينعدم تقريباً وجود HPO_4^2 عند درجة تفاعل للتربة مقداره ٥. على حين هو عند درجة تفاعل التربة ٧ ، كل من هاتين الصورتين للفسفور توجدان بكمية تقريباً متساوية. ان صورة الفسفور PO_4^{3-} توجد فقط عند درجات تفاعل التربة العالية جداً ، تلك التي ليس لها اي تأثير ايجابي على نمو النبات. كذلك يوجد الفسفور بصورة اخرى في محلول التربة وهي حامض الفسفوريك H_3PO_4 ولكنها ليست ذات اهمية في عملية امتصاص النبات للفسفور وذلك لوجود هذا الحامض عند درجة تفاعل التربة الواطئة جداً. ومما ذكر آنفاً يتضح ان اهم صورة يمتص النبات الفسفور عليها في الاتربة الحامضية هي H_2PO_4 وفي الاتربة القاعدية على صورة HPO_4 ، ولكن هذه الصور لاتكون حرة داخل محلول التربة بل تتفاعل مع ايونات الحديد والالمنيوم في الاتربة الحامضية ومع الكالسيوم والمغنيسيوم في الاتربة القاعدية وتكون مركبات غير ذائبة. وسوف نناقش هذا الموضوع بالتفصيل عند التعرض على مشاكل الفسفور في الاتربة الحامضية والاتربة القاعدية.

القسم الثاني لفسفور التربة هو الفسفور الصلب المحمول على سطوح حبيبات التربة والمسمى Phosphate in labile pool . هذا القسم يكون في حالة توازن مع فسفور محلول التربة ، ويعد بذلك مخزناً للفسفور في محلول التربة ويقوم بالتعويض عند استنزاف

الفسفور الذائب من قبل النبات . هذا القسم يمكن تقديره باستعمال النظائر المشعة المتبعة للعنصر داخل التربة . اما القسم الثالث من فسفور التربة فهو الفسفور غير الذائب اي غير الجاهز للنبات ويسمى Phosphate of the non – labile pool . هذا الجزء من الفسفور يتحرر ببطء عند تحوله الى الفسفور الصلب ومصادره هي معدن الابتايت وفوسفات الحديد والالمنيوم وكذلك الفسفور العضوي داخل التربة . لاحظ الشكل (١٧) الذي يوضح اقسام فسفور التربة المهمة في خصوبة التربة وتغذية النبات وعلاقة هذه الاقسام بعضها ببعض .



شكل (١٧) اقسام فسفور التربة المهمة في خصوبة التربة وتغذية النبات
(Mengel and Kirkby 1978)

5.4 احتفاظ التربة بالفسفور

في سنة ١٨٥٠ اشار الباحث Thomas way الى ظاهرة حفظ التربة للفسفور وكان ماوجده هذا الباحث هو بداية دراسة موضوع احتفاظ التربة بالفسفور ، وبعد ذلك ظهرت دراسات وبحوث كثيرة حول هذا الموضوع ، ومن نتائجها وجد ان حفظ الفسفور يحدث في معظم الاتربة تقريباً وتحت مختلف درجات تفاعل التربة . في الترب المتعادلة والترب القاعدية تكون الكاتيونات السائدة وخاصة الكالسيوم والمغنسيوم ومعادن الطين

هي المسؤولة عن حفظ التربة للفسفور، على حين في الاتربة الحامضية يكون الالمنيوم والحديد ومعادن الطين هي المسؤولة بشكل كبير عن عملية الاحتفاظ. ويقصد باحتفاظ التربة بالفسفور هو ذلك الجزء من الفسفور الذي يحمل ويرتبط بصورة ضعيفة غير قوية بحبيبات التربة (جزء التربة الصلب) الذي يمكن استخلاصه بحامض خفيف ويكون هذا الجزء المحتفظ به جاهزاً ومتيسراً للنبات. ان ميكانيكية احتفاظ التربة بالفسفور تضم العديد من التفاعلات وهي :

اولاً : احتفاظ وترسيب الترب الحامضية للفسفور

١ - الاحتفاظ بالفسفور بوساطة اكاسيد الحديد والالمنيوم

ان اكاسيد الحديد والالمنيوم وكذلك الاكاسيد المائية لها ، قد توجد بصورة منفردة غير مرتبطة او توجد على شكل مواد مغلفة في حبيبات اخرى للتربة. ومن المعادن التي تمثل هذه الاكاسيد هي limonite و goethite . هذه المعادن تتفاعل مع الفسفور الذائب في محلول التربة الحامضية على صورة H_2PO_4 . وينتج عن هذا التفاعل فوسفات الحديد او الالمنيوم المرتبطة بالمعادن وبذلك يتحول الفسفور الذائب المتيسر للنبات الى فسفور غير ذائب كما في المعادلة الآتية :

$$Al(OH)_3 + H_2PO_4^- \rightleftharpoons Al(OH)_2(H_2PO_4) + OH^-$$

هنا يلاحظ بأن ميكانيكية هذا الاحتفاظ تعتمد على احلال H_2PO_4 محل OH على سطوح معادن اكاسيد الحديد والالمنيوم.

٢ - الترسيب بوساطة ايونات الحديد والالمنيوم

في الاتربة الحامضية ذات درجة التفاعل المنخفضة يزداد تركيز ايونات الحديد والالمنيوم في محلول التربة ، التي تقوم بدورها بالتفاعل مع الفسفور الموجود على صورة H_2PO_4 الذي يكون بصورة ذائبة وجاهزة للامتصاص من قبل النبات. ونتيجة هذا التفاعل يتحول الفسفور الذائب والجاهز الى فسفور غير ذائب مترسب وغير جاهز للامتصاص من قبل

النبات على شكل فوسفات الحديد او فوسفات الالمنيوم وبذلك يترسب الفسفور من محلول التربة ويصبح بعيداً عن متناول النبات . كما في المعادلة الآتية :

$$Al^{3+} + H_2PO_4 + 2H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + \quad H_2^+ + Al(OH)_2H_2PO_4$$

ذائب في محلول التربة ——— غير ذائب مترسب في محلول التربة

٣– الاحتفاظ او التثبيت بالطين السليكاتي

ان فسفور التربة الذائب في محلول التربة يمكن ان يتحد بمعادن الطين من نوع 1:1 او 2:1 مثل الكاولنيت ، المونتموريولنيت والاليت في الاترية المتوسطة الحموضة ، وهذا الاتحاد يحصل اما عن طريق ازاحة مجاميع الهيدروكسيل من على سطح بلورات معادن الطين ويحل محلها الفسفور الذائب . ان معادن الطين التي يكون فيها ناتج النسبة $\frac{SiO_2}{R_2O_3}$ (R تمثل الحديد والالمنيوم) واطئاً تحتفظ او تثبت الفسفور بكميات اكبر من الكميات التي تثبتها معادن الطين التي يكون فيها ناتج النسبة هذه عالياً . وهذا يعني ان القيمة المنخفضة للنسبة يدل على زيادة الحديد والالمنيوم في بلورات معادن الطين والطريقة الاخرى للاحتفاظ تكون عن طريق ارتباط الكالسيوم الموجود على سطوح معادن الطين بصورة متبادلة مع الفسفور الذائب في محلول التربة وبذلك تتكون رابطة من الطين– الكالسيوم– الفسفور. ومثل هذا الاحتفاظ يسود في معادن الطين من نوع 1 : 2 لزيادة سعتها التبادلية الذي يؤدي الى زيادة ارتباط الكاتيونات بالشحنات السالبة على سطوح معادن الطين.

ثانياً : احتفاظ وترسيب الترب القاعدية للفسفور

ان تفاعلات الفسفور الموجود في محلول التربة القاعدية التي تؤدي الى انخفاض جاهزية الفسفور ودرجة تيسره للنبات هي كما يأتي :

١ – الترسيب على شكل فوسفات الكالسيوم الثنائية

في الترب القاعدية يزداد نشاط وتركيز ايونات الكالسيوم التي تؤدي الى تقليل جاهزية الفسفور وذلك عن طريق تحويله من صورة ذائبة الى صورة غير ذائبة نسبياً ، وهذا يكون عن طريق تفاعل ايونات الكالسيوم الموجودة في محلول التربة مع الفسفور الموجود بصورة HPO_4 وترسيبه على شكل فوسفات الكالسيوم الثنائية او فوسفات الكالسيوم الثلاثية

وبهذا تقل درجة ذوبان وجاهزية الفسفور في التربة. وهنا تجدر الاشارة الى ان قابلية الذوبان لمركبات اورثوفوسفات الكالسيوم تكون كما يأتي :

ان درجة ذوبان فوسفات الكالسيوم الاحادية اكبر من درجة ذوبان فوسفات الكالسيوم الثنائية التي بدورها تكون درجة ذوبانها اكبر من فوسفات الكالسيوم الثلاثية. كذلك يمكن ان يحصل الترسيب على شكل فوسفات كالسيوم قاعدية اخرى مثل hydroxy apatite و Carbonate apatite.

٢ –الترسيب على سطح حبيبات كاربونات الكالسيوم

في الترب القاعدية التي تحتوي على كاربونات الكالسيوم بصورة حرة تقل جاهزية الفسفور وذلك بسبب ترسب ايونات الفسفور التي تكون بحالة اتصال او قريبة من حبيبات كاربونات الكالسيوم الحرة على سطوح هذه الحبيبات وهذا الترسيب يزداد بازدياد مساحة سطوح حبيبات كاربونات الكالسيوم وتركيز الفسفور الذائب في محلول التربة.

٣– احتفاظ معادن الطين بالفسفور

في الترب القاعدية والمشبعة معادنها الطينية بالكالسيوم قد يحصل احتفاظ للفسفور الذائب في محلول التربة على سطوح معادن الطين هذه عن طريق تكوين رابطة من الطين– الكالسيوم– الفسفور، كما يحصل في الاتربة الحامضية، وبذلك يقل تركيز الفسفور الذائب في التربة. ان مثل هذا التفاعل يكون معدله واطئاً في الترب القاعدية التي تكون درجة تفاعلها اعلى من ٧، وذلك لكون عملية الترسيب على شكل فوسفات الكالسيوم الثنائية يكون معدلها عالياً وسريعاً، ولكن مثل هذا التفاعل قد يحصل في الترب التي تكون درجة تفاعلها اقل من ٦,٥ بقليل.

في الترب القاعدية والترب الكلسية يكون علاج انخفاض تركيز الفسفور الذائب في محلول هذه الترب، بسبب التفاعلات التي ذكرت، عن طريق اضافة كميات كبيرة من الاسمدة الفوسفاتية اكثر من حاجة النبات لهذه الترب من اجل المحافظة على مستوى نشاط جيد وملائم لنمو النبات، للفسفور في التربة.

5.5 العوامل التي تؤثر في حفظ فسفور التربة

نظراً لاهمية عملية حفظ الفسفور من حيث علاقتها بجاهزية عنصر الفسفور في التربة وتأثير ذلك على خصوبة التربة وتغذية النبات من ناحية وضع الخطط التسميدية فان من المهم جداً التعرف على العوامل التي تؤثر في حفظ الفسفور في التربة . ومن اهم هذه العوامل هي :-

١ - **كمية الطين ونوعيته** : تؤدي ازدياد نسبة الطين في نسجة التربة الى زيادة مساحة سطوح الطين التي تؤدي الى زيادة درجة الاتصال والارتباط بين فسفور محلول التربة ومعادن الطين ، وهذه الزيادة لكمية الطين تؤدي الى زيادة درجة احتفاظ التربة بالفسفور. اما من ناحية تأثير نوعية الطين السائد في مقد التربة على الاحتفاظ بالفسفور فانه في الاتربة التي يسود فيها معادن الطين 1:1 تزداد كمية الفسفور التي يحتفظ بها عما هي عليه في الترب التي يسود مقدها معادن الطين 2:1 . ويعتقد بان السبب الذي تعود اليه زيادة احتفاظ معادن الطين 1:1 بالفسفور هو زيادة نسبة اكاسيد الحديد والالمنيوم فيها وكذلك زيادة الاكاسيد المائية للحديد والالمنيوم.

٢ - **زمن التفاعل بين الفسفور والتربة** : ان تعرض الفسفور المضاف للتربة لفترة زمنية طويلة يؤدي الى زيادة درجة احتفاظ التربة بالفسفور وبذلك تزداد الكمية المحتفظ بها من الفسفور. ويمكن من الناحية التطبيقية الاستفادة من هذه النقطة وهي انه لاينصح بان يضاف الفسفور الى التربة بدفعة واحدة قبل ان تكون الجذور قادرة على امتصاص مايحتاج اليه النبات النامي من هذا العنصر.

وكذلك يمكن ان تساعدنا هذه النقطة في اختيار طريقة اضافة السماد . ان اضافة السماد الفوسفاتي بطريقة النثر يعرض الفسفور للاتصال بمساحة سطحية كبيرة لحبيبات التربة وهذا يؤدي الى زيادة الاحتفاظ والتثبيت للفسفور، لذا ينصح باضافة الفسفور قرب النبات لتقليل سطوح الاتصال بين التربة والفسفور التي بدورها تقلل من درجة احتفاظ التربة بالفسفور وخاصة في الترب التي هي ذات سعة احتفاظ او تثبيت عالية .

٣ - **درجة تفاعل التربة** : تعد درجة تفاعل التربة التي هي بين ٥,٥ - ٧ افضل درجة تفاعل لتيسر فسفور التربة للنبات وتقل الجاهزية في حالة انخفاض او ارتفاع درجة تفاعل التربة عن هذا الحد. ولقد تم التعرض لذلك عندما تم توضيح المشاكل التي يعانيها الفسفور في الترب الحامضية والترب القاعدية .

٤ – من المعروف ان ارتفاع درجة الحرارة يشجع التفاعلات الكيمياوية : ويزيد من معدلها ، وبما ان عملية احتفاظ وتثبيت التربة للفسفور هي تفاعل كيمياوي لذلك فان درجة الاحتفاظ بالفسفور من قبل التربة يزداد في اتربة المناطق الحارة او الدافئة عما هو عليه في اتربة المناطق الباردة لزيادة نشاط التفاعل الكيمياوي هذا ، وكذلك لارتفاع نسبة اكاسيد الحديد والالمنيوم في اتربة المناطق الحارة والدافئة .

٥ – **المادة العضوية** : لقد اثبتت الدراسات بان زيادة محتوى التربة من المادة العضوية عن طريق اضافتها اليها يؤدي الى زيادة جاهزية عنصر الفسفور في التربة وذلك عن طريق احدى العمليتين الآتيتين :

أ – تقليل تعرض الفسفور للعوامل التي تساعد على حفظه وترسيبه .
ب – ازاحة الفسفور المحتفظ به .

وتحصل هاتان العمليتان بالصورة الآتية :

١ – ان تحلل المادة العضوية بوساطة الكائنات الحية الدقيقة يؤدي الى تحرر ثاني اوكسيد الكربون الذي يتفاعل بدوره مع الماء ليكون حامض الكربونيك الذي يعمل على اذابة عدد من المركبات الفوسفاتية غير الذائبة . وبذلك يزداد تركيز الفسفور الذائب في محلول التربة .

$$\text{Organic Carbon} \longrightarrow CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3$$

٢ – ان مادة الدبال الناتجة عن تحلل المادة العضوية تزيد من جاهزية الفسفور للنبات وذلك عن طريق :

– تفاعل الدبال مع الفسفور مكوناً معقدات الدبال والفوسفات **Phosphohumic** التي تكون اكثر جاهزية للنبات من المركبات الاخرى غير الجاهزة او غير الذائبة وخاصة في الترب الكلسية .

– يعمل الدبال على تغليف الفسفور مما يقلل من عملية تعرض الفسفور لأيونات الحديد والالمنيوم في الترب الحامضية والكالسيوم في الترب القاعدية . وبذلك يقلل من عملية احتفاظ الترب للفسفور او ترسيبه من محلول التربة .

– احلال انيون الدبال محل ايونات الفسفور المثبتة او المحتفظ بها على سطوح حبيبات الطين او كاربونات الكالسيوم وبذلك يتحرر الفسفور الى محلول التربة ويزداد بذلك تركيز الفسفور الذائب .

- احاطة ايونات الحديد والالمنيوم الذائبة في محلول التربة الحامضية خاصة بايونات الهيوميت (مادة دبالية) الناتجة من تحلل المادة العضوية وتحولها بذلك اي تحويل ايونات الحديد والالمنيوم الذائبة الى ايونات غير ذائبة وبذلك تقلل من درجة تفاعلها مع الفسفور الذائب وتحويله الى صورة غير ذائبة كما في المعادلات الآتية :

Organic matter ⟶ Citrate + Oxalate + tartrate + malate

Citrate + Al or Fe ⟶ insoluble Al or Fe

ذائبة　　　　　　غير ذائبة مغلفة

٦ – **حالة فسفور التربة** : اذا كانت التربة مشبعة بالفسفور المحتفظ به او المثبت نتيجة الاضافات المستمرة للفسفور فانها بذلك تستنفذ كل العوامل التي تساعد على الاحتفاظ والتثبيت . والفسفور الذي يضاف الى التربة بعد حالة التشبع هذه يكون بحالة متيسرة وجاهزة للنبات ، وهذه النقطة مفيدة ويجب ملاحظتها في الزراعة التطبيقية لتحديد كمية السماد الفوسفاتي اللازم اضافتها في الترب المشبعة والترب غير المشبعة بالفسفور المثبت او المحتفظ به عند وضع الخطط التسميدية للحقل.

5.6 جاهزية الفسفور للنبات

اضافة الى العوامل المؤثرة في احتفاظ وترسيب الفسفور من التربة التي مر ذكرها ودورها في جاهزية عنصر الفسفور في الترب الحامضية القاعدية ، هناك طائفة من العوامل الخاصة بالتربة والنبات تؤثر في جاهزية عنصر الفسفور للنبات ومن هذه العوامل هي :

١ – الفسفور في محلول التربة والمقدرة التنظيمية للتربة

ان حركة العناصر الغذائية داخل التربة والى جذور النبات تعتمد بدرجة كبيرة على تركيزها داخل محلول التربة ، وان المحافظة على العنصر الغذائي داخل محلول التربة بتركيز عال يؤدي الى زيادة جاهزيته للنبات ، اي زيادة كميته المتيسرة للامتصاص من لدن النبات ، وذلك لكون التركيز العالي للعنصر الغذائي للفسفور مثلاً في محلول التربة يؤدي الى زيادة معدل انتشار عنصر الفسفور نحو جذور النبات . وكما هو معلوم بأن النباتات بحاجة الى تجهيز بعنصر الفسفور بالكمية التي تحتاجها خلال فترة نموها ولهذا السبب يجب ان يحافظ على تركيز عنصر الفسفور بمستوى ملائم لنمو النبات ولهذا فأن جاهزية عنصر الفسفور لاتعتمد فقط على تركيزه في محلول التربة بل تعتمد ايضاً على مقدرة التربة على المحافظة على

تركيز العنصر في محلول التربة بالمستوى الملائم لنمو النبات. ان مقاومة التربة لتغيير تركيز الفسفور في المحلول في حالة اضافة الفسفور الى التربة او استنزافه من التربة تسمى بالقدرة التنظيمية للتربة لعنصر الفسفور(Phosphate buffering Capacity). هذا التنظيم يكون عن طريق وجود توازن بين فسفور محلول التربة والفسفور المدمص او المحتفظ به.

٢- توزيع الفسفور في مقد التربة

ليس فقط تركيز الفسفور في محلول التربة في العادة قليلاً بل ان تحرك الفسفور داخل التربة ايضاً واطئ وهذا مما يؤدي الى تجمع الفسفور في الطبقة السطحية للتربة، ويؤثر بشكل كبير على توزيع ونمو الجذور داخل التربة حيث تنتشر في الطبقة السطحية، وجزء قليل منها يتغلغل تحت التربة السطحية. هذه العملية تؤثر سلبياً في جاهزية الفسفور وكميته في التربة وذلك عن طريق:

أ- ضعف نمو الجذور تحت الطبقة السطحية للتربة يقلل من عملية امتصاص العناصر الغذائية والماء وهذه بدورها تؤثر على نمو النبات.
ب- التربة السطحية معرضة لعملية جفاف سريع في حالة انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة، وهذا يؤدي الى انخفاض جاهزية الفسفور.
جـ- التربة السطحية معرضة لعملية انجراف نتيجة التعرية المائية، وهذا يؤدي الى فقدان كميات كبيرة من الفسفور مع التربة المفقودة وبذلك يقل محتوى التربة من عنصر الفسفور. ولمعالجة هذه الامور يجب مراعاة مايأتي:

١- اضافة الفسفور بكمية اكبر من احتياج النبات.
٢- اضافة الفسفور مباشرة تحت سطح التربة.
٣- اضافة مركبات الفسفور التي لاتتفاعل بقوة مع التربة، وكذلك يمكن ان تتحرك الى اعماق مقد التربة مع ماء المطر او الري.
٤- المحافظة على التربة السطحية وصيانتها من التعرية المائية والتعرية الريحية.

٣- الجذور وتعمقها داخل مقد التربة

تلعب جذور النبات دوراً كبيراً بتهيئة وزيادة جاهزية العناصر للنبات ومنها عنصر الفسفور، وهذا يكون اما عن طريق تحريها لعنصر الفسفور وهنا كلما كان للجذر نمو كثيف وتعمق جيد كانت كمية عنصر الفسفور التي تصل الى النبات كبيرة، على حين انخفاض معدل تعمق الجذور يقلل من الكمية الممتصة من هذا العنصر، اما الطريق الاخر فهو ان

العمليات الحيوية للجذور تزيد من طلب النبات لعنصر الفسفور. من هذا يتضح بان الجذور ذات التمدد الجيد والكثافة الكبيرة تشارك في تجهيز عنصر الفسفور. في الترب ذات المحتوى الواطئ للفسفور يمكن تسهيل عملية امتصاص الفسفور في الوقت الحاضر عن طريق زيادة التمدد الجذري بوساطة الكائنات الحية الدقيقة (الفطريات من نوع mycorrhizae) حيث تعمل على تغطية الجذور بالهايفات التي تعمل عمل الجذور من حيث امتصاص الماء والعناصر الغذائية وخاصة الفسفور وبذلك يزداد تمدد وتعمق الجذور وكذلك مساحة الاتصال بين التربة والجذور فتزداد بذلك كمية وسرعة امتصاص النبات للفسفور. كذلك يمكن ان تعمل هايفات الفطريات هذه على تجمع الفسفور في اجسامها وتجهيز النبات به بالفترات التي تكون بها جاهزية فسفور التربة واطئة. ويمكن لهذه الفطريات ان تمتص الفسفور الموجود في محلول الترب والفسفور الصلب المحمول على سطوح حبيبات التربة وظهر ايضاً بأن لهذه الفطريات قابلية قليلة على استهلاك الفسفور غير الجاهز مثل فسفور الصخور الفوسفاتية. ومن هذا يتضح بأن تلويث التربة والنبات بهذه الفطريات يساعد على زيادة معدل امتصاص الفسفور حتى في الترب الفقيرة بهذا العنصر والترب ذات القابلية العالية على تثبيت الفسفور.

ومن الدراسات والبحوث حول دور المايكورايزا في نمو النبات وتغذيته وجد الباحثان (Cheng and Tu, 1987) زيادة في نمو المجموعين الخضري والجذري لنباتي الذرة الصفراء وفول الصويا نتيجة لاصابتها بالمايكورايزا. واشار (Saif, 1987) ان التلقيح بفطريات المايكورايزا ادى الى زيادة معنوية في الاوزان الجافة للمجموعين الخضري والجذري والامتصاص الكلي للفسفور والنيتروجين والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم لاربعة وعشرون نوعاً من نباتات المراعي النجيلية والبقولية. ووجد (العاني ١٩٩٣) بان التلقيح بالفطر G. etunicatum ادى الى حصول زيادة معنوية في عدد القرنات/ نبات ووزن ١٠٠ بذرة وحاصل نبات فول الصويا الفردي وازداد حاصل البذور بنسبة ١٦ ٪ كما سبب التلقيح بهذا الفطر زيادة معنوية في نسبة وحاصل البروتين والزيت وتركيز النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم في بذور فول الصويا. وكذلك وجد هذا الباحث في تجربة حقلية اخرى على نبات الحنطة بان التلقيح بالفطر G. leptoticum قد ادى الى زيادة عدد السنابل / نبات ووزن ١٠٠ حبة وحاصل النبات الفردي وحاصل الحبوب والحاصل البايولوجي ودليل الحصاد وكما ادى التلقيح بهذا الفطر الى زيادة معنوية في تركيز الفسفور في البذور. ووجد الباحث (الطائي ١٩٩٨) بأن الفطر Glomus mosseae قد اكسب العائل النباتي (الذرة الصفراء) قدرة عالية على مقاومة التراكيز الملحية لحد ٦ دسي سيمنز/م، وكذلك

وجد بان اضافة الفطر مع البذور عند تهيئة الشتلات لنبات الطماطة قد اكسب نبات الطماطة ايضاً مقاومة للملوحة لحد ٦ دسي سيمنز/م.

5.7 الفسفور في النبات

5.7.1 الوظائف الحيوية للفسفور

يوزع الفسفور الذي يمتصه النبات على كل خلية حية داخل النبات للمشاركة في العمليات الحيوية للنبات ومن اهم العمليات التي يشارك فيها الفسفور هي : تحليل الكاربوهيدرات والمواد الاخرى الناتجة عن عملية التركيب الضوئي لتحرير الطاقة اللازمة للعمليات الحيوية للنبات وفي غياب الفسفور يقل معدل تكوين الكاربوهيدرات كالسكريات والنشاء والسليلوز. يساعد الفسفور ايضاً في عملية تكوين وانقسام الخلايا ، ذلك ان غياب هذا العنصر يؤدي الى تحديد تكون الاحماض الامينية والبروتينات التي هي اساس بناء الخلايا النباتية ، وكذلك يعمل على المشاركة الفعالة في نقل الصفات الوراثية عن طريق الـ DNA(Deoxyribonucleic acid)وهذا يكون عن طريق مشاركة الفسفور في تركيب العديد من المركبات التي تشارك في تكوين الـ RNA (Ribonucleic acid) لتكوين الـ DNA ومن هذه المركبات هي :

– UTP(uridine triphosphate)يحتاج الى هذا المركب في تكوين السكروز والكالوز.
– CTP(Cytidine triphosphate)يحتاج اليه في تكوين الفوسفوليبيدات.
– ATP (Adenosine triphosphate) يحتاج اليه في توليد الطاقة وتكوين مركبات عضوية.

وهناك مادة اخرى تشارك في تكوين الـ RNA يشترك الفسفور في تركيبها وهي GTP(Guanosine triphosphate)كذلك يشارك الفسفور في تحفيز نمو وتطور الجذور، ونضج النبات وتكوين البذور والثمار.

نظراً للوظائف العديدة والمختلفة التي يقوم بها الفسفور في عمليات البناء الحيوية فإن نقص الفسفور بالتربة او التجهيز بالكمية غير المناسبة لنمو النبات يؤثر سلبياً في نمو وتطور النبات ، لذا يجب ان تكون في التربة كمية جيدة من الفسفور الجاهز لسد احتياجاته من هذا العنصر.

5.7.2 اعراض نقص الفسفور

بصورة عامة تظهر اعراض نقص الفسفور على الاوراق القديمة التي تكون في اكثر الاحيان ذات لون اخضر داكن. بعض النباتات الحولية تتصف سيقانها بلون محمر ناتج عن تكون مادة الانثوسيانين. اللون البني يشوب اوراق اشجار الفاكهة ومثل هذه الاوراق تسقط قبل اكتمال نضجها، وكذلك تظهر اشجار الفاكهة تناقصاً في معدلات نمو الاغصان الحديثة وفي اكثر الاحيان يكون تطور وتفتح البراعم غير جيد. وتكون نوعية الثمار والبذور غير جيدة في النباتات التي تعاني من نقص الفسفور. النباتات بصورة عامة تتصف بنمو بطيء وتكون صغيرة وذات نمو جذري محدود وسيقان رفيعة.

يشير(Bennett 1993)بان التراكيز الملائمة لعنصر الفسفور في ورقة عرنوص الذرة الصفراء عند تكوينه لاعطاء نمو جيد هي ٠,٢ ٪ – ٠,٤ ٪ اما عند مرحلة تكوين الورقة الثالثة او الرابعة للنبات فان التراكيز الملائمة من هذا العنصر في النبات ككل لغرض التحليل النباتي هي ٠,٤ ٪ – ٠,٨ ٪. اما في نبات الذرة البيضاء(Sorghum)فان التراكيز الخاصة بعنصر الفسفور التي تشير الى حالة النقص او الحد الحرج عند تحليل الانسجة النباتية للاوراق والنبات ككل عند مرحلة البادرات كمرحلة نمو للنبات هي ٠,١٠ ٪ – ٠,٢٥ ٪ اما عند مرحلة النمو الخضري ولكل من الاوراق والنبات ككل ايضاً فهي ٠,٠٧ ٪ – ٠,١٧ ٪، اما التراكيز العالية والتي هي فوق حاجة النبات فهي اعلى من ٠,٥ ٪ وذلك عند تحليل كل من الاوراق والنبات ككل.

والتراكيز الحرجة والاعتيادية لعنصر الفسفور في نبات قصب السكر عند تحليل نصل اعلى ورقة من النبات هي على التوالي ٠,١٩ ٪ و ٠,٢٢ ٪ – ٠,٣٠ ٪. بالنسبة لنبات البنجر السكري فان التراكيز الحرجة والتراكيز التي تشير الى حالة النقص والملائمة لعنصر الفسفور الكلي في نصل الاوراق هي على التوالي ١,٨ ٪ ١ ٪ – ١,٧٥ ٪ و ٢,٥ ٪ – ١٢,٥ ٪، وفي نبات فستق الحقل فان الحد الحرج من عنصر الفسفور في الاوراق ٠,٢ ٪.

اما بالنسبة لنباتي الخيار والرقي فان المستوى الملائم من عنصر الفسفور في اوراق النبات الكامل النضج هو ٠,٢ ٪ – ٠,٦ ٪، وفي نبات البصل فان المستوى الملائم من عنصر الفسفور هو ٠,٢٠ ٪.

وعند تحليل اوراق نبات الطماطة عند مرحلة تكوين الثمار فان التراكيز الملائمة وتراكيز حالة النقص لعنصر الفسفور هي على التوالي اعلى من ٢,٠٪ واقل من ٠,١٢٪. وفي نبات الفاصوليا فان التراكيز الملائمة لعنصر الفسفور عن تحليل الورقة كاملة النضج قبل تكوين الازهار هي ٠,٢٥٪ – ٠,٦٠٪، وفي نبات البطاطا فان تراكيز حالة الحد الحرج وحالة النقص لعنصر الفسفور الكلي في نصل اوراق النبات هي على التوالي ١,٨٠٠ جزء بالمليون و ١,٠٠٠ – ١,٧٥٠ جزء بالمليون. اما بالنسبة للمحاصيل البستنية المثمرة فان التراكيز الاعتيادية وتراكيز حالة النقص لعنصر الفسفور في اوراق اشجار التفاح هي على التوالي ٠,١٥ – ٠,٣٠٪ واقل من ٠,١٣٪ وفي اوراق اشجار الكمثرى هي على التوالي ٠,١٢ – ٠,٢٥٪ واقل من ٠,١١٪.

وفي اشجار الحمضيات فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر الفسفور في اوراق هذه الاشجار هي على التوالي اقل من ٠,١٠٪ و ٠,١ – ٠,١٧٪. وفي اوراق اشجار الخوخ والنكتارين، فان التراكيز الملائمة لعنصر الفسفور هي ٠,١٪ – ٠,٣٪.

اما تراكيز حالة النقص الشديد والنقص الخفيف والتراكيز الملائمة وتراكيز الزيادة الخفيفة والزيادة الشديدة في نبات العنب عند تحليل نصل الاوراق للتحري عن عنصر الفسفور هي على التوالي اقل من ٠,١٥٪ و ٠,١٥ – ٠,٢٠٪ و ٠,٢١ – ٠,٢٤٪ و ٠,٢٥ – ٠,٢٦٪ واعلى من ٠,٢٦٪.

5.8 الاسمدة الفوسفاتية

يرجع تاريخ وجود الاسمدة الفوسفاتية الى منتصف القرن التاسع عشر عندما أشار Van liebig سنة ١٨٤٠ الى ان قيمة العظام السمادية تزداد بعد معاملتها بالحامض، ومن المعروف ان العظام تحتوي على نسبة لابأس بها من الفسفور. وكذلك وجد Jhon Blawer سنة ١٨٤٣ طريقة لتحضير سماد السوبر فوسفات تجارياً وذلك عن طريق معاملة الصخور الفوسفاتية بحامض الكبريتيك ومن ذلك الحين يعد سماد السوبر فوسفات اكثر الاسمدة الفوسفاتية انتشاراً.

ان الاساس في صناعة الاسمدة الفوسفاتية يعود الى الترسبات الطبيعية للصخور الفوسفاتية واهم المناطق التي توجد فيها هذه الصخور هي تونس، والمغرب، وانكلترا، وفرنسا، وبلجيكا، والنرويج، والسويد، وروسيا، والصين، وكندا، والمكسيك وشيلي. وكذلك توجد في العراق في منطقة قرب الرطبة في محافظة الانبار وهذه المنطقة تمتد الى

الاراضي السورية والاردنية وتقدر كمية خامات الفوسفات بملايين الاطنان. ان التركيب الكيمياوي لهذه الصخور يمكن توضيحه بالجدول الآتي :

الجدول (٢٠) التركيب الكيمياوي لعدد من الصخور الفوسفاتية (ولاية فلوريدا / اميركا)

المادة	النسبة
حامض الكبريتيك	٣٥,٥٢
$[Ca_3(PO_4)_2]_3$	٧٧,٥٠
SiO_2 غير الذائبة	٢,٠٣
Fe_2O_3	٠,١٠
Al_2O_3	٢,٣٠
CaO	٥١,٤٥
CO_2	٢,٤٥

في مجال الصخور الفوسفاتية تجدر الاشارة الى أن هذه الصخور قد استعملت مباشرة في عدد من الدول كأسمدة فوسفاتية وادى استعمالها الى استجابة العديد من النباتات لها مثل الذرة الصفراء، والقطن والشوفان وبعض الحشائش. وكانت نتيجة هذه الاستجابة زيادة الحاصل. وبصورة عامة ان اضافة الفسفور على شكل صخور فوسفاتية يحتاج الى كميات كبيرة من هذه الصخور مقارنة بالكميات التي تضاف من الاسمدة الفوسفاتية الاخرى. ولقد وجد من البحوث والدراسات بأن اضافة ٧١٧ كغم / هكتار من P_2O_5 على شكل صخور فوسفاتية تعطي تأثيراً مشابهاً لاضافة ١٥٧ كغم / هكتار من P_2O_5 على شكل سوبر فوسفات.

في هذا الباب سوف نتطرق الى اهم الاسمدة الفوسفاتية التجارية الشائعة الاستعمال ومن هذه الاسمدة.

١ – السوبر فوسفات الاعتيادي

ان سماد سوبر فوسفات الاعتيادي ($CaH_4(PO_4)_2.H_2O$) سماد فوسفاتي ذو لون بنّي – ابيض يسوق على شكل حبيبي او مسحوق. يحتوي هذا السماد على ٢٠٪ P_2O_5 (اي ٩٪ P) ، و ١٩ – ٢٢٪ كالسيوم و ١٠ – ١٢٪ كبريت. كذلك يضم السماد نسبة قليلة من المغنيسيوم ، والحديد ، والنحاس ، والمنغنيز، والزنك والكلوريد. أما من حيث درجة ذوبانه بالماء فإن ٨٥٪ من كمية الفسفور التي يحتويها تكون ذائبة بالماء.

يصنع هذا السماد من تفاعل حامض الكبريتيك (٩٣ – ٩٨٪ حامض) مع الصخور الفوسفاتية المطحونة كما في المعادلة الآتية :

$$Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 7H_2SO_4 + 3H_2O \longrightarrow 3CaH_4(PO_4)_2.H_2O + 7CaSO_4 + 2HF$$

ان مايقارب ٨٥٪ من فسفور هذا السماد يكون على صورة H_2PO_4 القابل للذوبان بالماء وتكون البقية اما على صورة HPO_4 او PO_4 غير الذائبة بالماء ، لذا يعد من الاسمدة المهمة للنبات. إلا أن استعماله قل في الوقت الحاضر بسبب انخفاض نسبة الفسفور التي يحتويها عن محتوى بقية الاسمدة الفوسفاتية كذلك هناك عدد من المشاكل في تخزين هذا السماد نتيجة الحموضة الزائدة ، اضافة الى أن من عيوب هذا السماد هو التجمع على شكل كتل.

٢ – سوبر فوسفات الثلاثي

ان سماد السوبر فوسفات الثلاثي ($CaH_4(PO_4)_2H_2O$) سماد فوسفاتي ذو لون بني – ابيض يسوق على شكل حبيبات كروية او على شكل مسحوق. يحتوي هذا السماد على ٤٥ – ٥٠٪ P_2O_5 (اي ٢٠ – ٢٢٪ P) ، ١٢ – ١٦٪ كالسيوم و ١ – ٢٪ كبريت. ومعظم الفسفور الذي فيه قابل للذوبان بالماء. يصنع هذا السماد من تفاعل حامض الفسفوريك مع مسحوق الصخور الفوسفاتية كما في المعادلة الآتية :

$$Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 14H_3PO_4 10H_2O \longrightarrow 10CaH_4(PO_4)_2H_2O + 2HF$$

يعد هذا السماد من الاسمدة الفوسفاتية الواسعة الانتشار في الاسواق التجارية لاعتباره من الاسمدة الجيدة التي اثبتت التجارب استجابة النباتات المختلفة له عند اضافته لمختلف

الترب . ان الفرق بين هذا السماد وسماد السوبر فوسفات الاعتيادي اضافة الى اختلاف المواد الداخلة في التصنيع هو احتواء هذا السماد على نسبة أعلى من الفسفور على الرغم من تشابه الصيغة الكيمياوية لكلا السمادين .

٣– سوبر فوسفات المركز

هذا السماد يحتوي على ٥٤٪ P_2O_5 (اي ٢٤٪ P) ومعظم الفسفور الموجود فيه يكون على صورة $Ca(H_2PO_4)_2$ على حين يكون فسفور السوبر فوسفات الثلاثي على صورة $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$. ان فقدان جزيئة الماء من السوبر فوسفات الثلاثي مع جزء من غاز الفلورين ومواد متطايرة اخرى يؤدي الى تكون السوبر فوسفات المركز. يصنع هذا السماد من تفاعل حامض الفسفوريك مع مسحوق الصخور الفوسفاتية . ان ٨٠– ٩٠٪ من P_2O_5 الجاهز لهذا السماد قابل للذوبان بالماء، وان استجابة النباتات لهذا السماد تشابه استجابتها لسماد السوبر فوسفات الثلاثي .

٤ – حامض الفسفوريك

ان حامض الفسفوريك (H_3PO_4) له دور كبير في صناعة الاسمدة الفوسفاتية ولذا يعد مادة خاماً في صناعة الاسمدة ولكن قد يضاف هذا الحامض بنسب قليلة مقارنة بالنسبة المستعملة في الصناعة الى التربة مع مياه الري كسماد فوسفاتي خاصة في الترب القاعدية ولا يضاف للاترية الحامضية .

هناك طريقتان اساسان في تصنيع حامض الفسفوريك وهذه الطرق هي : الطريقة الرطبة وهي طريقة كيمياوية ، والاخرى طريقة تعتمد على الحرارة وتحتاج الى عنصر الفسفور. في الوقت الحاضر تزداد صناعة الحامض بالطريقة الاولى وخاصة في الولايات المتحدة الاميركية .

أ– الطريقة الرطبة : يصنع حامض الفسفوريك بهذه الطريقة الكيمياوية عن طريق تفاعل حامض الكبريتيك مع الصخور الفوسفاتية المطحونة كما في المعادلة الآتية :

$$F_2(PO_4)_6 + 10H_2SO_4 + 20H_2O \longrightarrow 10CaSO_4.2H_2O + 2HF + 6H_3PO_4$$

هذه العملية تعتمد على ثلاث خطوات اساس هي :

١) تفاعل حامض الكبريتيك مع الصخور الفوسفاتية لتكوين الحامض مع الجبس.
٢) فصل وغسل الحامض من الكبريتات (اي الجبس) بالماء.
٣) تركيز الحامض اي زيادة نسبة الفسفور بالتبخير.

إن الحامض الذي يصنع بهذه الطريقة يحتوي على ٢٨ – ٣٠٪ H_3PO_4 ، وهذه الطريقة تعد من ارخص الطرق لتصنيع حامض الفسفوريك. ولا يضاف هذا الحامض عموماً الى التربة بصورة مباشرة بسبب عدم نقاوته لاحتوائه على مركبات الحديد، والالمنيوم والكالسيوم، والفلورين والكبريت التي تجعله صعب النقل والاستعمال.

ب – طريقة الحرارة

يصنع حامض الفسفوريك بهذه الطريقة تبعاً للخطوات الآتية:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 + 5C \xrightarrow{1593C^\circ} 3(CaO.SiO_2) + P_2 + 5CO$$

$$2P_2 \xrightarrow{5O_2} 2P_2O_5$$

$$P_2O_5 + 3H_2O \longrightarrow 2H_3PO_4$$

ان تركيز هذا الحامض هو ٨٠ – ٨٥٪ H_3PO_4 ويحتوي على ٥٢ – ٦٠٪ P_2O_5 (أي ٢٤ – ٢٦٪ P). ولقد اثبتت التجارب نجاح استعماله مع ماء الري مصدراً للفسفور الذي يزود به النبات. هذا الحامض يكون سهل النقل والاستعمال مقارناً بالحامض غير النقي المصنع بالطريقة الكيمياوية ولكن هذه الطريقة اغلى من الطريقة الكيمياوية إذ ان سعر وحدة واحدة من P_2O_5 (٩,٠٩كغم) بطريقة الحرارة يبلغ ضعف سعر الوحدة الواحدة من P_2O_5 بالطريقة الكيمياوية.

٥ – حامض الفسفوريك الممتاز (السوبر)

يحتوي هذا السماد على ٧٦٪ P_2O_5 (أي ٣٩٪ P)، وهذا الحامض يصنع من الحامض المصنع بالطريقة الكيمياوية بعد ان تقلل كمية الماء المستعملة ويزداد بذلك تركيز الفسفور. وهذا الحامض مزيج من orthophosphoric acid و Polyphosphoric acid. ويمكن ان يستعمل في الاسمدة السائلة الخليطة ولكن اثبتت ايضاً نتائج

الفحوصات والتجارب في الحقول والبيوت الزجاجية ، بأن هذا الحامض يشابه السوبر فوسفات المركز من حيث استجابة النبات لهذين السمادين.

$$2H_3PO_4 \xrightarrow{\Delta} H_4P_2O_7 + H_2O\uparrow$$

$$H_3PO_4 + H_4P_2O_7 \xrightarrow{\Delta} H_5P_3O_8 + H_2O\uparrow$$

٦ – ميتافوسفات الكالسيوم

ان سماد ميتافوسفات الكالسيوم $(Ca_3(PO_3)_2)$ سماد ابيض مشوب باللون الرمادي ، ويشابه بالمظهر الرمل الناعم ويحتوي على ٦٥٪ P_2O_5 (أي ٢٨٪ P) ، ١٧٪ من الكالسيوم ، و ٢٪ سليكون ، و ٣٪ حديد والمنيوم و ٠,٢٪ فلورين ويصنع من حرق عنصر الفسفور مع الهواء وامتصاص P_2O_5 الناتج من لدن الصخور الفوسفاتية كما في المعادلات الآتية :

$$2P_2 + 5O_2 \xrightarrow{\Delta} 2P_2O_5$$

$$Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 7P_2O_5 + H_2O \longrightarrow 10Ca(PO_3)_2 + 2HF$$

إن ميتافوسفات الكالسيوم الناتجة عن هذا التفاعل تكون سائلة ، وبعد ذلك تصلب بالتبريد الى مادة شبيهة بالزجاج من حيث المظهر تتفتت بعد ذلك قطعاً صغيرة ثم تطحن للحصول على حبيبات صغيرة جداً.

ان استجابة النباتات عدا الخضراوات لهذا السماد افضل من استجابتها للسوبر فوسفات المركز في الترب الحامضية ، أما استجابة النباتات لهذا السماد في الاتربة القاعدية فهو مختلف. ففي المناطق الرطبة يشابه من حيث التأثير على النباتات سماد السوبر فوسفات المركز ولكن سماد السوبر فوسفات المركز يتفوق عليه بنسبة قليلة بسبب ان درجة ذوبان سماد الميتافوسفات الكالسيوم اقل من درجة ذوبانه. ويعد هذا السماد من الاسمدة الاقتصادية من حيث التصنيع بالطريقة التي ذكرت.

٧- فوسفات الكالسيوم الثلاثية المنصهرة

إن سماد فوسفات الكالسيوم الثلاثية المنصهرة $[Ca_3(PO_4)_2)_3.CaO]$ سماد ذو لون مائل للاسوداد يشابه الرمل المغلف بالفحم. يحتوي هذا السماد على ٢٨ - ٣٥٪ P_2O_5 (أي ١٢,٤ - ١٥,٢٪ P)، و ٥٠٪ كالسيوم مع ٤٪ أو اقل فلورين. يصنع هذا السماد من الصخور الفوسفاتية بعد ازالة الفلورين منها بالحرارة كما في المعادلة الآتية:

$$Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + H_2O \xrightarrow{1400C^\circ} [Ca_3(PO_4)_2)_3].CaO + 2HF$$

وهو يعد من المصادر الفوسفاتية المهمة لأتربة المناطق الرطبة وتقدر كفاءته ب ٧٥- ٨٠٪ من كفاءة السوبر فوسفات المعتادة من حيث استجابة المحاصيل الزراعية له.

٨- سماد Basic slag

هذا السماد الفوسفاتي $[(CaO)_5.P_2O_5.SiO_2]$ مسحوق ذو لون قهواني غامق يحتوي على ٨- ١٢٪ P_2O_5، ٣- ٥٪ من الكالسيوم و٦- ٨٪ $CaSiO_3$. وهذا السماد ناتج ثانوي في صناعة الحديد والصلب ويستخلص عن طريق الاكسدة في درجات الحرارة العالية بوجود مواد قاعدية لتكوين P_2O_5. هنا لابد من اكسدة السيليكا والكربون والمنغنيز في المعادن الخام ثم تزال هذه الشوائب من المادة المنصهرة قبل حرق الفسفور للحصول على السماد. ويعد هذا السماد مصدراً مهماً للفسفور والكالسيوم، بالاضافة الى أنه يحتوي على المغنيسيوم، والحديد، والمنغنيز، وقليل من البورون. ويعد مهماً لمراعي الترب الرملية.

٩- فوسفات العظام

هو مادة بيضاء اللون مائلة الى الرمادية تصنع من غلي وتبخير مادة العظام تحت ضغط عال لازالة الشحوم وبعد ذلك تطحن من اجل سهولة استعمالها وتوزيعها. يحتوي سماد فوسفات العظام على ١- ٢٪ نيتروجين و٢٢ - ٣٠٪ P_2O_5 (أي ١٠ - ١٣٪ P). يعد هذا السماد افضل من الصخور الفوسفاتية كمصدر للفسفور الجاهز، ويمكن استعماله في الحدائق المنزلية لنباتات الازهار.

١٠ - فوسفات الامونيوم

ان سماد فوسفات الامونيوم ذو لون ابيض مائل الى الرمادي داكن وهو على شكل حبيبات كروية. يصنع هذا السماد من تفاعل الامونيا مع حامض الفسفوريك للحصول على سماد فوسفات الامونيوم الاحادية الذي يحتوي على ١١٪ نيتروجين و ٢١٪ P (أي ٤٨٪ P_2O_5) وكذلك سماد فوسفات الامونيوم الثنائية الذي يحتوي على ١٦ - ٢١٪ نيتروجين و ٢٠ - ٢٦٪ P (أي ٤٦ - ٥٣٪ P_2O_5) كما في المعادلات الآتية :

$$NH_3 + H_3PO_4 \longrightarrow NH_4H_2PO_4$$

فوسفات الامونيوم الاحادية

$$2NH_3 + H_3PO_4 \longrightarrow (NH_4)_2HPO_4$$

فوسفات الامونيوم الثنائية

هذه الاسمدة قابلة للذوبان بالماء بسبب صناعتها من اسمدة سائلة واملاح قابلة للذوبان بالماء ، ولهذا ينصح باستعمالها للنباتات ذات النمو السريع مثل محاصيل الحبوب والنباتات العلفية. ويمكن استعمالها مع محاصيل الذرة الصفراء والقطن والتبغ والنباتات الخضرية واشجار الفاكهة. ينصح بعدم وضعها بالقرب من موضع البذور او البادرات عند اضافتها للتربة.

١١ - نترات - فوسفات الامونيوم

سماد نترات - فوسفات الأمونيوم سماد حبيبي يحتوي على ٣٠٪ نيتروجين و ٤,٤٪ P (أي ١٠٪ P_2O_5). يصنع هذا السماد من نترات الامونيوم الصلبة ، والامونيا اللامائية وحامض الفسفوريك. ويضاف مباشرة الى التربة ويجب ان يضاف مع البوتاسيوم للترب الفقيرة الى عنصر البوتاسيوم. اذا كانت الكمية المقدرة من هذا السماد لا تتجاوز ١١٢ كغم / هكتار فيمكن اضافتها على جانب مروز او خطوط الحقل خاصة بالنسبة لنباتات الذرة الصفراء والحنطة اما اذا كانت الكمية المراد اضافتها اعلى من ١١٢ كغم / هكتار فينصح باضافتها بطريقة النثر او خطوط جانبية تحت مهد البذور.

١٢ – فوسفات الامونيوم – اليوريا

يكون هذا السماد على شكل حبيبي ذا لون رمادي وتكون نسبة النيتروجين الى P_2O_5 اما ١ – ٢ او ٢ – ١ . ان ٤٠٪ من نيتروجين هذا السماد موجود على شكل فوسفات الامونيوم و ٦٠٪ على شكل يوريا . هذا السماد يجب ان لا يوضع قرب البذور لتأثيره عليها ، وكذلك يجب ان لا يضاف على سطح التربة مباشرة خوفاً من فقدان النيتروجين على شكل نترات بل يجب ان يخلط بالتربة عند الاضافة .

١٣ – سوبر فوسفات الامونيوم

ان سماد سوبر فوسفات الامونيوم سماد حبيبي رمادي اللون يصنع من تفاعل الامونيا اللامائية مع السوبر فوسفات الاعتيادي . يحتوي السماد الناتج على ٤٪ نيتروجين و ١٦٪ P_2O_5 (اي ٧٪ P) وكذلك يصنع هذا السماد من تفاعل الامونيا اللامائية مع السوبر فوسفات المركز والسماد الناتج يحتوي على ٨٪ نيتروجين و ٣٢٪ P_2O_5 (اي ١٤٪ P) . هذا السماد ذو تأثير حامضي على محلول التربة .

١٤ – فوسفات النتريك

سماد فوسفات النتريك حبيبي ذو لون رمادي مائل الى الأبيض . يحتوي هذا السماد على ١٢ – ١٧٪ نيتروجين و ٢٢ – ٣٥٪ P_2O_5 (اي ١٠ – ١٥٪ P) . يصنع هذا السماد من تفاعل الصخور الفوسفاتية مع حامض النتريك وبعد ذلك يضاف الى الناتج الأمونيا كما في المعادلات الآتية :

$$Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 14HNO_3 + 3H_2O \longrightarrow 3Ca(H_2PO_4)_2.H_2O + 7Ca(NO_3)_2 + 2HF$$

$$Ca(H_2PO_4)_2 + Ca(NO_3)_2 + 2NH_3 \longrightarrow 2CaHPO_4 + 2NH_4NO_3$$

ويمكن ان يضاف خليط من حامض النتريك والكبريتيك الى الصخور الفوسفاتية للحصول على سماد يحتوي على الكبريت لتغطية سلبية سماد فوسفات النتريك في الترب التي تعاني من نقص الكبريت كما في المعادلة الآتية :

$$Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 12HNO_3 + 4H_2SO_4 \longrightarrow 6H_3PO_4 + 4CaSO_4 + 6Ca(NO_3)_2 + HF\uparrow$$

وناتج هذا التفاعل يضاف اليه الامونيا كما في المعادلة الآتية :

$$6H_3PO_4 + 4CaSO_4 + 6Ca(NO_3)_2 + 2HF + 13NH_3 \longrightarrow 5CaHPO_4 + NH_4H_2PO_4 + 4CaSO_4 + 12NH_4NO_3 + CaF_2$$

لقد وجد من الدراسات بأن سماد فوسفات النتريك المصنوع من حامض النتريك والكبريتيك احدث استجابة لدى نباتات القطن وتأثير هذا السماد يشابه تأثير فوسفات الامونيوم اوسماد سوبر فوسفات الامونيوم ذات النسبة المتساوية من النيتروجين والفسفور.

5.9 ملاحظات عامة حول التسميد الفوسفاتي

١ – يفضل اضافة الاسمدة الفوسفاتية بطريقة الخطوط قرب النباتات بدلاً من نثرها على سطح التربة وذلك لكون طريقة النثر تعرض حبيبات السماد الى مساحة اكبر من سطوح حبيبات التربة وكاربونات الكالسيوم مما يعطي فرصة اكبر لحفظ وتثبيت كمية كبيرة من الفسفور المضاف وبذلك تقل كمية الفسفور الذائب في محلول التربة لسد احتياجات النبات ، على حين تقل بطريقة الخطوط والسطور (Banding) سطوح التلامس بين السماد وحبيبات التربة ، ولهذا اهمية كبيرة في الترب ذات القدرة العالية على تثبيت الفسفور.

٢ – لايفضل استعمال الاسمدة الناعمة على شكل مسحوق في الترب الحامضية والمتعادلة بل ينصح باستعمال الاسمدة على شكل حبيبي في حالة احتوائها على نفس الكمية من الفسفور الجاهز والقابل للذوبان بالماء.

٣ – يفضل استعمال الاسمدة الفوسفاتية الحبيبية ذات درجة الذوبان العالية في الترب الكلسية . كذلك لاينصح باستعمال الاسمدة الفوسفاتية النيتروجينية الحبيبية ذات درجة ذوبان اقل من ٥٠٪ في الترب الكلسية .

٤ – تقل فعالية الاسمدة الفوسفاتية ذات درجة الذوبان الواطئة بالماء كلما ازداد حجم حبيباتها .

٥ – لايمكن الحصول على استجابة واضحة وكبيرة بالنمو والانتاج في حالة اضافة الاسمدة الفوسفاتية إذا كانت التربة تعاني من نقص العناصر الغذائية الاخرى وخاصة النيتروجين والبوتاسيوم .

٦- يجب ان لايضاف سماد فوسفات الامونيوم الثنائية بالقرب من البذور النامية والبادرات او بالاتصال بها ، ابتعاداً من حصول اضرار لها كالاحتراق وخاصة نباتات الذرة الصفراء والبيضاء وفول الصويا.

٧- إن اكثر الاسمدة الفوسفاتية استعمالاً في الزراعة العراقية هو سماد السوبر فوسفات الثلاثي وذلك لاعتباره من الاسمدة الكفوءة والتي اثبتت التجارب استجابة معظم المحاصيل الزراعية لاضافته ولمختلف الترب. يضاف الى هذا السماد هو السماد المركب NP الذي يعتبر ايضاً من الاسمدة الواسعة الانتشار.

الفصل السادس

6.0 البوتاسيوم

6.1 نظرة عامة

البوتاسيوم عنصر مهم في خصوبة التربة وتغذية النبات وأهميته لاتقل عن اهمية كل من النتروجين والفسفور. ان عنصر البوتاسيوم كثير الانتشار في قشرة الارض وان معدل احتوائها له يقدر بـ ٢,٣٪ - ٢,٦٪ وزناً. ان محتوى الترب المعدنية من البوتاسيوم - في المعتاد - اكبر بكثير من محتواها من النيتروجين او الفسفور. وان محتوى الترب الناعمة من البوتاسيوم اعلى من محتوى الترب الخشنة النسجة؛ وذلك بسبب زيادة محتوى الترب الناعمة من مادة الطين. وبصورة عامة يمكن القول إن نسبة البوتاسيوم بالترب لاتتغير بسرعة ولفترة زمنية طويلة وان آفاق التربة A ، B وC تحتوي تقريباً على نفس النسبة من البوتاسيوم الكلي وهذه النسبة للبوتاسيوم الكلي تتراوح مابين: ٠,١٪ الى ٤٪ وزناً في مختلف الترب وان معدل محتوى الترب يقرب من ١,٥٪، والجدول (٢١) يوضح محتوى آفاق التربة من البوتاسيوم الكلي للترب مختلفة النسجة.

الجدول (٢١) محتوى آفاق الترب المختلفة النسجة من البوتاسيوم الكلي:

نسجة التربة	الرتبة	افق A	افق B	افق C
		%K		
مزيجية سلتية	Alfisol	١,٧	١,٩	١,٩
مزيجية	Aridisol	٢,٣	١,٥	١,٨
مزيجية طينية	Inceptisol	٢,١	١,٨	٢,٤
طينية	Oxisol	٠,١	٠,١	٠,١
مزيجية رملية	Ultsol	٠,٣	٠,٣	٠,٢

المصدر Thompson and Troch 1979

6.2 اشكال بوتاسيوم التربة ومصادره

ان مصادر البوتاسيوم هي الصخور الحاوية على معادن البوتاسيوم الاولية التي ينتج عند تحللها المعادن الاولية الحاوية على البوتاسيوم ومن اهم المعادن الاولية هذه :

١ – الفلدسبار K Feldspar

$KAlSi_3O_8$

٢ – المسكوفايت muscovite

$KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$

٣– البيوتيت Biotite

$KAl(Mg, Fe)_3Si_3O_{10}(OH)_2$

ان جاهزية البوتاسيوم في هذه المعادن الاولية من حيث تحرره وتحوله الى صورة جاهزة ومتيسرة للنبات هي ان بوتاسيوم البيوتيت اكثر جاهزية من بوتاسيوم المسكوفايت وهذا بدوره اكثر جاهزية من بوتاسيوم الفلدسبار.

هذه المعادن الاولية عند تعرضها لعمليات التجوية الكيمياوية او تعرضها لضغط وحرارة عاليين ينشأ عنها المعادن الثانوية التي تجهز محلول التربة بعنصر البوتاسيوم . ومن اهم هذه المعادن الثانوية الحاوية على البوتاسيوم في تركيبها هي معادن الطين ومن اهم معادن الطين الحاوية على البوتاسيوم هي الإليت بالدرجة الاولى وكذلك معادن الفورمكيوليت والكلوريت . يضاف الى هذه المصادر الاسمدة الكيمياوية التي تضاف الى التربة إذ تعدّ مصدراً مهماً لبوتاسيوم التربة .

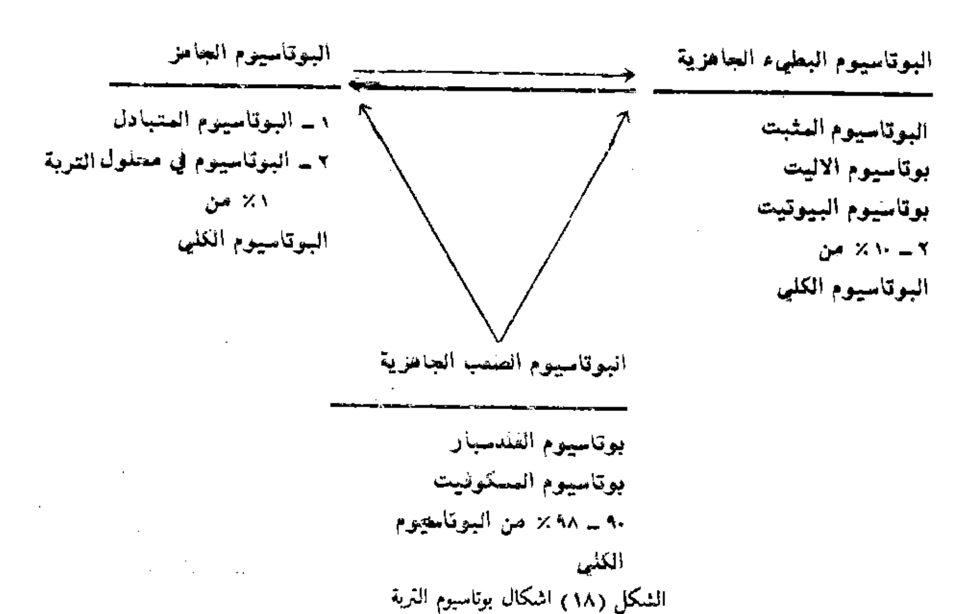
استناداً الى درجة الجاهزية فأن بوتاسيوم التربة يوجد على ثلاثة اشكال أو ثلاث صور هي :

١ – البوتاسيوم الصعب الجاهزية

ان هذه الشكل لبوتاسيوم التربة يكون ٩٠– ٩٨٪ من البوتاسيوم الكلي للتربة . يوجد هذا البوتاسيوم في التركيب البلوري للمعادن الاولية ، وهذه عند تعرضها لعمليات التجوية يتحرر البوتاسيوم منها خلال فترة زمنية جيولوجية . وهذا البوتاسيوم المتحرر قد يحدث له :

- فقدان مع ماء الصرف
- استخدام الكائنات الحية له.
- حمله على شكل ايون متبادل على حبيبات الطين
- تحوله الى بوتاسيوم بطيْ الجاهزية.

البوتاسيوم الصعب الجاهزية يشارك بجزء قليل لسد احتياجات النبات خلال موسم النمو.



الشكل (١٨) اشكال بوتاسيوم التربة

٢ - البوتاسيوم بطيْ الجاهزية

يكون البوتاسيوم بهذا الشكل مايقرب من ٢- ١٠٪ من البوتاسيوم الكلي ويعد بوتاسيوم الاليت وبوتاسيوم البيوتيت مصدرين لهذا الشكل من البوتاسيوم. إن البوتاسيوم البطيْ الجاهزية يكون مثبتاً بهذه المصادر، وتغير جاهزية هذا الشكل تحتاج الى فترة زمنية طويلة ولكنه اكثر جاهزية من الشكل الاول للبوتاسيوم. هذا الشكل من البوتاسيوم يكون في حالة توازن مع الشكل الجاهز من البوتاسيوم ولذلك يعد مخزناً ومجهزاً لمحلول التربة بالبوتاسيوم الجاهز.

٣- البوتاسيوم الجاهز

بوتاسيوم هذا الشكل يشكل مايقرب من ١٪ من البوتاسيوم الكلي للتربة. ان البوتاسيوم الجاهز هو البوتاسيوم المتبادل على سطوح معادن الطين والمادة العضوية ويشكل مايقرب من ٩٠٪ من البوتاسيوم الجاهز، والبوتاسيوم الذائب في محلول التربة الذي يشكل مايقرب من ١٠٪ من البوتاسيوم الجاهز، هذا الشكل يكون جاهزاً ومتيسراً للامتصاص من قبل النبات

البوتاسيوم غير المتبادل (البوتاسيوم البطئ الجاهزية أو البوتاسيوم المثبت) يكون في حالة توازن مع البوتاسيوم الجاهز الذي هو البوتاسيوم المتبادل والبوتاسيوم الذائب كما هو واضح في الشكل (١٨) إذ يعد البوتاسيوم غير المتبادل مجهزاً للبوتاسيوم الجاهز عند استنزافه من التربة، وكذلك يتحول جزء من البوتاسيوم الجاهز الى بوتاسيوم بطئ الجاهزية عند زيادة تركيز الاول في محلول التربة نتيجة اضافة البوتاسيوم [illegible] الكيمياوية. البوتاسيوم المثبت لايعتبر جاهزاً للنبات بشكل مباشر.

6.3 تثبيت البوتاسيوم

ان عملية تثبيت البوتاسيوم هي عملية كيمياوية بين بلورات حبيبات التربة، وهي عملية تحول البوتاسيوم من الصورة الجاهزة اي الذائبة في محلول التربة او المتبادلة على سطوح التبادل للتربة الى صورة يكون فيها بطئ الجاهزية، ولكنه اكثر تحرراً لمحلول التربة من البوتاسيوم الصعب الجاهزية، الذي يعد جزء من التركيب البلوري لمعادن التربة.

ان ميكانيكية تثبيت البوتاسيوم تشابه عملية تثبيت الامونيوم، إذ تدخل ايونات البوتاسيوم الجهات البينية للمعادن نتيجة استنزاف بوتاسيوم الطبقات البينية، وان دخول البوتاسيوم هذا يكون في فتحات شبكة الاوكسجين العائدة لطبقة السليكا التي تكون انصاف اقطارها مشابهة لانصاف اقطار ايونات البوتاسيوم. وبذلك ترتبط هذه الايونات بقوة وتصبح جزءاً من صفيحة المعدن فتكون لذلك عملية تمدد وانفراج معادن الطين صعبة جداً.

ونظراً لاهمية عملية تثبيت البوتاسيوم في الزراعة التطبيقية من حيث تحول السماد المضاف بصورة جاهزة الى صورة غير جاهزة وأهمية ذلك في وضع الخطط التسميدية للتربة، فقد وجب التعرف على العوامل التي تؤثر في تثبيت البوتاسيوم في التربة ومن اهم هذه العوامل هي :

١ – **نوعية معادن الطين** : ان معادن الطين 2:1 تثبت البوتاسيوم بكميات كبيرة ويمكن ان يحصل تثبيت للبوتاسيوم في معادن الطين 1:1 مثل الكالونيت ولكن بكميات قليلة جداً ومن هذا يمكن القول إن تثبيت البوتاسيوم حالة متخصصة لمعادن 2:1 . إذ انه كلما ازداد استنزاف البوتاسيوم من هذه المعادن ازداد الجهد التثبيتي للبوتاسيوم ، ان القدرة التثبيتية لمعادن الطين 2:1 مختلفة ويعد معدن الفرميكوليت اكثر المعادن قابلية على التثبيت يتبعه الاليت ، والاليت اكثر من المونتمورولنيت . ان عملية التمدد والانفراج العالية لمعادن الطين 2:1 وكثافة شحناتها تساعد على تثبيت البوتاسيوم . ويعد معدن الفرميكوليت اكثر تثبيتاً من غيره من معادن الطين 2:1 وذلك لكثافة الشحنات السالبة في طبقة السليكا العائدة له .

٢ – **درجة الحرارة** : ان زيادة درجة الحرارة يؤدي الى زيادة عملية التبادل الكاتيوني أي زيادة كمية البوتاسيوم المتبادل عندما يكون تركيزه عالياً في محلول التربة . وهذه الحالة ربما تساعد على زيادة الكمية المثبتة من البوتاسيوم . ان انخفاض درجة حرارة التربة (الانجماد) يتبعه ارتفاع درجة حرارتها اي حصول عملية الانجماد ودفء التربة الرطبة بالتتابع يؤدي الى زيادة معدل تحرر البوتاسيوم المثبت .

٣ – **رطوبة التربة** : ان جفاف التربة الرطبة ذات المحتوي العالي من البوتاسيوم يؤدي الى قلة البوتاسيوم المتبادل ، ولكن عندما يكون محتوي التربة واطئاً أو متوسطاً من البوتاسيوم فأن جفاف التربة الرطبة هذه يؤدي الى زيادة البوتاسيوم المتبادل / ان تأثير حصول عملية زيادة رطوبة التربة وجفافها بالتتابع على بوتاسيوم التربة غير واضح ، برغم اهميتها للزراعة التطبيقية . ان تجفيف عينات التربة الرطبة قبل تقدير البوتاسيوم في التربة يؤدي الى اعطاء قيمة عالية للبوتاسيوم وهذا يؤثر بدوره في وضع الخطة السمادية لعدد من الترب .

٤ – **كاربونات الكالسيوم** : ان اضافة كاربونات الكالسيوم للترب الحامضية يؤدي الى زيادة مقدرة التربة على تثبت البوتاسيوم . ولهذا اهمية كبيرة في الزراعة التطبيقية ، إذ انه يؤدي إلى التقليل من كمية البوتاسيوم التي تفقد بعمليات الغسل في اتربة المناطق الرطبة . هذه النقطة مهمة على الرغم من كونها تقلل من كمية البوتاسيوم الجاهز . اشار (عيدان ١٩٨٤) بعد دراسته لعلاقة الكلس بتثبيت البوتاسيوم في الترب العراقية وذلك لكون الكلس من المكونات الرئيسية في الترب العراقية ، بان الكلس يتواجد في التربة بشكل اغلفة ومواد رابطة للمفصولات (الطين والغرين والرمل) وبشكل بلورات منفردة . واضاف بانه لاتوجد علاقة منتظمة بين النسبة المئوية للكلس في المفصولات والتغير بكمية

البوتاسيوم المثبت بسبب ازالة الكلس وهذا يدل على ان تأثير الكلس على تثبيت البوتاسيوم هو تأثير ميكانيكي وذلك من خلال تكوينه اغلفة حول المفصولات وربطه للمفصولات المختلفة. ان اهم الاستنتاجات من هذه الدراسة هي ان ازالة الكلس من مفصولات التربة سببت في زيادة قابلية ترب ميسان (البتيرة) وحمام العليل (محافظة نينوى) وبيجي وسامراء والدور (محافظة صلاح الدين) على تثبيت البوتاسيوم وان تثبيت البوتاسيوم في التربة لايتأثر بكمية الكلس وانما بحالة أو بطبيعة وجود الكلس، وان تكوينه اغلفة حول المفصولات او كونه مادة رابطة تربط المفصولات يؤثر على طبيعة تثبيت البوتاسيوم من خلال تقليل السطوح المعرضة للبوتاسيوم.

6.4 فقدان بوتاسيوم التربة

ان المحافظة على محتوى جيد من البوتاسيوم في التربة لسد احتياجات النبات خلال دورة حياته من هذا العنصر عملية مهمة وذات تأثير كبير على نمو النبات والانتاج. يفقد البوتاسيوم من التربة عن طريق:

١ - **امتصاص النبات**: ان الكمية التي يمتصها النبات من بوتاسيوم التربة اكبر من الكميات التي يمتصها من العناصر الاخرى عدا النيتروجين.

٢ - **الفقد بوساطة الغسل**: تفقد كميات لابأس بها من البوتاسيوم بعمليات الغسل وخاصة في المناطق الرطبة ذات الامطار الغزيرة ولكن الكمية التي تفقد بالغسل اقل من الكمية التي يستهلكها النبات. يزداد فقدان البوتاسيوم بعمليات الغسل في الترب الحامضية لزيادة تركيز البوتاسيوم الذائب في محلول التربة. وكذلك يزداد الفقد بالترب العضوية. بالاضافة الى ماذكر فان البوتاسيوم يمكن ان يفقد من الترب المتأثرة بالملوحة اثناء عملية غسلها. اشار الباحث (عبدالصاحب ١٩٨٠) بعد دراسته لسلوك البوتاسيوم اثناء وبعد غسل الترب المتأثرة بالملوحة في العراق الى ان شدة غسل البوتاسيوم من التربة اثناء عملية الغسل للترب المتأثرة بالملوحة (ترب ملحية - قلوية ممثلة لمعظم المشاريع الزراعية - الاستصلاحية في وسط وجنوب العراق وهي الدلمج والدجيلة والسويب وميسان والرضوانية) هي اقل من شدة غسل الايونات الاخرى (الكلوريد والصوديوم والمغنيسيوم والكالسيوم) باستثناء الكبريتات، وظهر ان العامل الذي يحدد طبيعة سلوكية منحني غسل البوتاسيوم هو كميته الاولية في التربة قبل الغسل. وكذلك وجد بأن عملية غسل الترب الملحية المدروسة قد ادت الى فقدان البوتاسيوم بمقدار يتراوح بين ٥٤٢,٤ الى

٦٩٤,٨ كغم/هكتار. واثناء عملية الغسل يفقد البوتاسيوم الاصلي بشكليه الذائب والاحتياطي من جهة او تحرر جزء من البوتاسيوم المثبت وانتقاله الى اسطح معقد التبادل من جهة اخرى.

٣- **الفقد بالتعرية والانجراف**: يمكن ان يفقد البوتاسيوم في التربة السطحية عن طريق انجراف التربة بمياه وسيول الامطار.

٤- **كذلك يفقد بوتاسيوم التربة الجاهز** بعملية تثبيت البوتاسيوم التي تم توضيحها سابقاً.

ان هذا الفقد للبوتاسيوم يجب ان يعوض والتعويض لبوتاسيوم التربة الجاهز يكون عن طريق اضافة الاسمدة الكيمياوية او عن طريق تحول بوتاسيوم بقايا النبات ومخلفات الحيوان وكذلك البوتاسيوم المثبت الى بوتاسيوم جاهز. ان وجود توازن بين البوتاسيوم المفقود والبوتاسيوم المضاف يؤدي الى زيادة الانتاج في حالة توفر عوامل النمو والانتاج الاخرى.

6.5 اهمية البوتاسيوم للنبات

يعد البوتاسيوم من العناصر الغذائية المهمة لنمو النبات لاهميته الكبيرة في فسلجة النبات ويعد الكاتيون اكثر اهمية في فسلجة النبات وذلك لوظائفه الفسلجية والكيمياوية الحيوية. ومن اهم هذه الوظائف هي:

١- انقسام الخلايا الحية للنبات- تشجيع نمو الانسجة المرستيمية.

٢- عملية التركيب الضوئي- تكوين الكاربوهيدرات وانتقال المواد الناتجة من هذه العملية (عندما تكون مستويات التغذية بالبوتاسيوم جيدة فان هذا يحفز تكوين ATP الذي يحتاج اليه في ملء الانابيب المنخلية بالمواد الناتجة من عملية التركيب الضوئي).

٣- تنشيط الانظمة الانزيمية مثل الانزيم Starch synthetase وكذلك تنشيط انزيمات Kinases التي تحفز تكوين البروتينات والاحماض النووية وهناك انزيمات اخرى مثل dehydrogenases.

٤- اختزال النترات وتكوين البروتينات.

٥- وجود البوتاسيوم بكميات جيدة وملائمة لنمو النبات يساعد في عدم تكوين الامينات السامة مثل putrescine وagmatine فيتضح مما ذكر ماللبوتاسيوم من اهمية كبيرة لمظاهر النمو والعمليات الحيوية للنبات فنقص هذا العنصر سوف يؤدي الى انخفاض معدل ونشاط هذه العمليات او بعضها وبالتالي عدم انتظام نمو النبات.

ان لاضافة السماد البوتاسي دوراً كبيراً في تحسين نمو النبات وزيادة انتاجية المحاصيل. ولقد وجد في العديد من الدراسات والبحوث بأن إضافة الاسمدة البوتاسية الى الاتربة التي تعاني من نقص البوتاسيوم ادى الى حصول استجابة من لدن العديد من النباتات مثل الذرة الصفراء والبيضاء، وفول الصويا، والكتان، والشوفان، والحنطة والشعير والقطن. وهذه الاستجابة ادت الى زيادة الحاصل. كذلك وجد من الدراسات بان البوتاسيوم لايؤدي الى زيادة الحاصل فحسب بل يؤدي ايضاً الى زيادة مقاومة الامراض من لدن العديد من المحاصيل. في الذرة الصفراء يؤدي نقص البوتاسيوم الى ظهور مرض تعفن السيقان والاضطجاع. غير ان وجود البوتاسيوم بصورة ملائمة يمنع حصول الاضطجاع ايضاً في محاصيل الحبوب. ان اشجار الغابات المجهزة بصورة مناسبة بالبوتاسيوم تكون مقاومة للامراض الفطرية، ويعتقد بأن التأثير الايجابي للبوتاسيوم في مقاومة النباتات والاشجار للامراض يعود الى ان البوتاسيوم يحفز تكون جدران خارجية سميكة في خلايا البشرة مما يمنع مهاجمة الامراض للنبات.

ان احتياجات النبات للبوتاسيوم تختلف باختلاف مراحل نمو النبات، اذ يزداد الطلب على البوتاسيوم في مرحلة النمو الخضري مقارنة بمراحل النمو الاخرى للنبات. كذلك تختلف النباتات فيما بينها من حيث احتياجها واستجابتها للاسمدة البوتاسية. وبصورة عامة يمكن القول ان محاصيل البنجر السكري، والقصب السكري، البطاطا والطماطة، والكرفس لها طلب كبير على البوتاسيوم. على حين يمتص القطن والحنطة اقل بكثير من البوتاسيوم. كذلك هنالك عوامل اخرى تؤثر في احتياج النبات لعنصر البوتاسيوم او اي عنصر اخر وهي نوعية المحصول، وحالة التربة الخصوبية، والعوامل المناخية والعوامل الوراثية ومسافات الزراعة وعدد النباتات المزروعة في الدونم الواحد من الارض.

ان معدل امتصاص النبات للبوتاسيوم يؤثر في عملية امتصاص العناصر الغذائية الاخرى. لقد أشار العديد من الباحثين الى ان زيادة امتصاص النبات للبوتاسيوم هي بسبب زيادة تركيز البوتاسيوم في محلول التربة. وأدت إضافة الاسمدة الكيمياوية الى انخفاض معدل امتصاص كل من الكالسيوم، والصوديوم، والمغنيسيوم، والزنك. أما بالنسبة لتأثير البوتاسيوم في امتصاص الفسفور فانه وجد بصورة عامة ان اضافة الاسمدة البوتاسية يؤدي الى زيادة معدل امتصاص الفسفور. ولكن عند اضافة البوتاسيوم على شكل كلوريد البوتاسيوم يحدث إنخفاض كبير في إمتصاص النبات للفسفور والنترات.

6.6 اعراض نقص البوتاسيوم

لاينتج عن نقص البوتاسيوم اعراض مرئية بصورة سريعة ، اذ يظهر اولاً نقص في معدل نمو النبات. وبعد ذلك يظهر الاصفرار ومن ثم الموت الموضعي للانسجة النباتية. فالاصفرار يبتدئ بالظهور عند حافة الاوراق ويمتد الى الوسط ثم يصبح لون الحافات بنياً. وتظهر اعراض نقص البوتاسيوم بصورة عامة على الاوراق القديمة للنبات اولاً ومن ثم تنتقل الى اجزاء النبات الاخرى.

يشير (Bennett 1993) بأن التراكيز الملائمة لعنصر البوتاسيوم في ورقة عرنوص الذرة الصفراء عند تكوينه لاعطاء نمو جيد هي ١,٧٪ - ٢,٥٪ اما عند مرحلة تكوين الورقة الثالثة او الرابعة للنبات فإن التراكيز الملائمة من هذا العنصر في النبات ككل لغرض التحليل النباتي هي ٣,٥٪ - ٥,٠٪.اما في نبات الذرة البيضاء(Soryhum فان التراكيز الخاصة بعنصر البوتاسيوم التي تشير الى حالة النقص او الحد الحرج عند تحليل الانسجة النباتية للاوراق والنبات ككل عند مرحلة البادرات كمرحلة نمو للنبات هي أقل من ٢,٠٪ اما عند مرحلة ملىء الحبوب للنبات وعند تحليل الاوراق فقط فالتراكيز هي بين ١,٠٪ - ١,٧٪ ، اما التراكيز العالية والتي هي فوق حاجة النبات فهي اعلى من ٤٪ عند مرحلة ملىء الحبوب.

والتراكيز الحرجة والاعتيادية لعنصر البوتاسيوم في نبات قصب السكر عند تحليل نصل أعلى ورقة من النبات هي على التوالي ٠,٩٠٪ و ١,٠ - ١,٦٪ ، بالنسبة لنبات البنجر السكري فإن التراكيز الحرجة والتراكيز التي تشير الى حالة النقص والملائمة لعنصر البوتاسيوم في نصل الأوراق هي على التوالي ١٪ و ٠,٣٪ - ٠,٦٪ و ١٪ - ٦٪ ، وفي نبات فستق الحقل فإن الحد الحرج من عنصر البوتاسيوم في الاوراق هو ١,٥٪.

اما بالنسبة لنباتي الخيار والرقي فإن المستوى الملائم من عنصر البوتاسيوم في اوراق النبات الكامل النضج هو ٢,٠٪ - ٦,٠٪ ، وفي نبات البصل فإن المستوى الملائم من عنصر البوتاسيوم هو ٣٪ - ٤,٥٪.

وعند تحليل اوراق نبات الطماطة عند مرحلة تكوين الثمار فإن التراكيز الملائمة وتراكيز حالة النقص لعنصر البوتاسيوم هي على التوالي اعلى من ٣,٥٪ وأقل من ٢,٣٪. وفي نبات الفاصوليا فان التراكيز الملائمة لعنصر البوتاسيوم عند تحليل الورقة كاملة النضج قبل تكوين الازهار هي ١,٧٠٪ - ٣,٠٪ ، وفي نبات البطاطا فان تراكيز حالة الحد الحرج وحالة النقص لعنصر البوتاسيوم في نصل اوراق النبات هي على التوالي ١,٠٪ و ٠,٣ - ٠,٩٪.

اما بالنسبة للمحاصيل البستنية المثمرة فإن التراكيز الاعتيادية وتراكيز حالة النقص لعنصر البوتاسيوم في اوراق اشجار التفاح هي على التوالي ١,٢ – ١,٩٪ واقل من ١٪. وفي اوراق اشجار الكمثرى هي على التوالي ١ – ٢٪ وأقل من ٠,٧٪.

وفي اشجار الحمضيات فإن تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر البوتاسيوم في اوراق هذه الاشجار هي على التوالي اقل من ٠,٨٪ و٠,٨ – ١,٧٪. وفي اوراق اشجار الخوخ والنكتارين فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر البوتاسيوم هي على التوالي اقل من ١,٠٪ وأعلى من ١,٢٪.

اما تراكيز حالة النقص الشديد والنقص الخفيف والتراكيز الملائمة وتراكيز الزيادة الخفيفة والزيادة الشديدة في نبات العنب عند تحليل نصل الأوراق للتحري عن عنصر البوتاسيوم هي على التوالي اقل من ١٪ و١,٠١ – ١,٢٠٪ و١,٢١ – ١,٤٠٪ و١,٤١ – ١,٦٠٪ وأعلى من ١,٦٠٪.

6.7 الاسمدة البوتاسية

يوجد البوتاسيوم على هيئة ترسبات كبيرة تتركز في مناطق مختلفة من العالم واهم مناطق هذا التركز هي كندا التي تقع في المقدمة واميركا ، وروسيا ، والمانيا الغربية ، والمانيا الشرقية ، وفرنسا ، وفلسطين المحتلة ، واسبانيا ، والكنغو، وكذلك ايطاليا. هذه الرواسب الطبيعية التي يستخرج منها البوتاسيوم تحتوي على املاح مختلفة مثل كلوريد وكبريتات البوتاسيوم مختلطة بكلوريد وكبريتات الكالسيوم والمغنيسيوم التي تظهر على شكل معادن طبيعية مثل:

١ – معادن الكلوريدات

Sylvite	KCl
Carnallite	$KCl.MgCl_2.6H_2O$
Kainite	$4KCl.4MgSO_4.11H_2O$
Halite	$NaCl$

٢ – معادن الكبريتات

Polyhalite	$K_2SO_4.MgSO_4.2CaSO_4.2H_2O$
Langbeinite	$K_2SO_4.2MgSO_4$

Leonite	$K_2SO_4.MgSO_4.4H_2O$
Schoenite	$K_2SO_4.MgSO_4.6H_2O$
Glaserite	$3K_2SO_4.Na_2SO_4$
Syngenite	$K_2SO_4.CaSO_4.H_2O$
Alunite	$K_2.Al_6(OH)_{12}.(SO_4)_4$
Kieserite	$MgSO_4.H_2O$
Anhydrite	$CaSO_4$

٣- معادن النترات وتوجد على صورة معدن Niter (KNO_3) كذلك يوجد البوتاسيوم بخامات المعادن المترسبة الاتية: .

Sylvinite	$KCl + NaCl$
Hartsaiz	$KCl + NaCl + CaSO_4(MgSO_4.H_2O)$

واهم الاسمدة البوتاسية التي تستعمل في تسميد الاراضي الزراعية هي:

١ - كلوريد البوتاسيوم

ان سماد كلوريدالبوتاسيوم(KCl)سماد يصنع على صورة حبيبات او مسحوق ناعم ذو لون يبدو بين الابيض والاحمر الخفيف. ويحتوي على ٤٨-٦٢,٥٪ K_2O (٣٩- ٥١٪ K) وما يقارب ٤٧٪ كلوريد. وهو يصنع في المعتاد ذا محتوى قدره ٦٠٪ K_2O.

يصنع هذا السماد من الرواسب الطبيعية بعد التنقية والتصفية من كلوريد الصوديوم وذلك اما عن طريق Flotation او بوساطة عملية Crystallization. في طريقة الطفو تضاف مواد الطفو بكميات قليلة الى خليط كلوريد البوتاسيوم وكلوريد الصوديوم لتتحد بكلوريد البوتاسيوم وتغلفه وتطفو به الى السطح. اما في طريقة البلورة crystallization process فيفصل كلوريد الصوديوم عن كلوريد البوتاسيوم، وذلك باضافة ماء حار الى المخلوط ثم التبريد فينفصل كلوريد البوتاسيوم على شكل بلورات مترسبة ويبقى كلوريد الصوديوم في المحلول وبعد ذلك يسحب الراسب وينقى.

ان سماد كلوريد البوتاسيوم اكثر الاسمدة البوتاسية انتشاراً واستعمالاً في الزراعة وقد قدّرت نسبة كلوريد البوتاسيوم بين الاسمدة البوتاسية المبيعة في الاسواق التجارية ب ٧٨٪. واثبتت التجارب والدراسات استجابة معظم المحاصيل الزراعية لهذا السماد وفي مختلف الترب.

٢- كبريتات البوتاسيوم

سماد كبريتات البوتاسيوم(K_2SO_4)ملح ابيض اللون يحتوي على ٥٢٪ K_2O (٤٣٪ K). و١٦٪ كبريت وليس اكثر من ٢,٥٪ كلوريد ويحتوي هذا السماد على كميات قليلة جداً من الصوديوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والكلوريد والبرومين.
يصنع هذا السماد بعدة طرق منها:

أ- طريقة Langneinite

في هذه الطريقة تتم اذابة مادة Langbeinite ($K_2SO_4.2MgSO_4$) بالماء مع اضافة محلول مركز من كلوريد الصوديوم كما في المعادلة الاتية:

$$K_2SO_4.2MgSO_4 + 4KCl \longrightarrow 3K_2SO_4 + 2MgCl_2$$

وتترسب كبريتات البوتاسيوم، وبعد ذلك تفصل بالطرد المركزي.

ب- طريقة Trona

في هذه الطريقة بتفاعل كلوريد البوتاسيوم مع مادة ال Burkeite ($Na_2CO_3.2Na_2SO_4$) وتتكون نتيجة هذا التفاعل مادة glaserite Cake ($Na_2SO_4.3K_2SO_4$) التي تتفاعل بعد فصلها مع كلوريد البوتاسيوم ذي درجة النقاوة العالية لينتج عن هذا التفاعل كبريتات البوتاسيوم التي ترشح عن كلوريد الصوديوم.
والمعادلة الآتية تفسر هذه الطريقة:

$$Na_2CO_3.\ 2Na_2SO_4 + 4KCl \longrightarrow 2K_2SO_4 + 4NaCl + Na_2CO_3$$

جـ- طريقة Mannheim

المعادلات الاتية تفسر هذه الطريقة التي تعتمد على كلوريد البوتاسيوم وحامض الكبريتيك لتصنيع كبريتات البوتاسيوم.

$$KCl + H_2SO_4 \longrightarrow KHSO_4 + HCl$$
$$KCl + KHSO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + HCl$$

د – طريقة Hargreaves

في هذه الطريقة يتم تفاعل كلوريد البوتاسيوم مع الكبريت كما في المعادلة الآتية:

$$KCl + SO_3 + H_2O \longrightarrow K_2SO_4 + 2HCl$$

ان درجة استجابة المحاصيل الزراعية لسماد كبريتات البوتاسيوم تشابه درجة استجابتها لسماد كلوريد البوتاسيوم. يستعمل هذا السماد في تسميد محاصيل التبغ والبطاطا والبنجر السكري والذرة الصفراء بدلاً من كلوريد البوتاسيوم وذلك لحساسية هذه المحاصيل للكلوريد وخاصة الكميات الكبيرة منه.

٣– نترات البوتاسيوم

يصنع سماد نترات البوتاسيوم(KNO_3)على شكل مسحوق ابيض اللون. ويعرف بملح بيتر(Salt peter)حيث يحتوي على ١٣٪ نيتروجين و ٤٤٪ K_2O (٣٦٪ K) وهو يصنع من تفاعل كلوريد البوتاسيوم مع حامض النتريك كما في المعادلة الاتية:

$$4KCl + 4HNO_3 + O_2 \longrightarrow 4KNO_3 + 2Cl_2 + 2H_2O$$

ان درجة ذوبان هذا السماد تختلف عن درجة ذوبان الاسمدة البوتاسية الاخرى. إذ ان ذوبان سماد نترات البوتاسيوم في الماء البارد اقل من درجة ذوبان سماد كلوريد البوتاسيوم ولكنه اكثر ذوبانا من كبريتات البوتاسيوم. اما درجة ذوبانه في الماء الذي درجة حرارته تقارب درجة حرارة الغرفة فتكون مشابهة لدرجة ذوبان كلوريد البوتاسيوم. ولكنها اعلى من درجة ذوبان كبريتات البوتاسيوم.

ينصح باستعمال هذا السماد مع نبات التبغ وذلك لحساسة نوعية التبغ لكل من الكلوريد والكبريتات. كذلك يفضل استعمال النيتروجين على صورة نترات وليس على صورة امونيوم عند تسميد نبات التبغ. كذلك يمكن استعمال هذا السماد بنجاح مع المحاصيل مثل البطاطا، والطماطم، والذرة الصفراء واشجار الحمضيات.

٤– هناك اسمدة بوتاسية اخرى مثل:

أ– ميتافوسفات البوتاسيوم $K_6(PO_3)_6.H_2O$ الذي يصنع من تفاعل KCl مع P_2O_5 تحت درجة حرارة عالية. هذا السماد يحتوي على ٤٠٪ K_2O (٣٣٪ K) و ٦٠٪ P_2O_5.

ب- سماد كبريتات المغنيسيوم - البوتاسيوم $K_2SO_4.2MgSO_4$. ان محتوى هذا السماد من البوتاسيوم لايقل عن ٢١٪ K_2O (١٨٪ K)، ١٨٪ MgO (١١٪ Mg) ويحتوي كذلك على ٢٣٪ كبريت.

جـ- سماد K - Polyphosphate (KPO_3)

هذا السماد يكون على شكل سائل وصلب. يحتوي السائل منه على ٢٤٪ K_2O و ٥٦٪ P_2O_5. أما السماد الصلب فيحتوي على ٤٨٪ K_2O.

د- هناك اسمدة اخرى هي كاربونات البوتاسيوم (K_2CO_3) وبيكاربونات البوتاسيوم $KHCO_3$.

هذه الاسمدة التي ذكرت في النقطة الرابعة قليلة الاستعمال في المجال التطبيقي الزراعي مقارنة بالاسمدة البوتاسية الاخرى.

عدد من الملاحظات المهمة حول الاسمدة البوتاسية:

١- الاسمدة البوتاسية تكون متشابهة من حيث جاهزيتها للنبات ولكن تكون مختلفة بالانيون المرافق للبوتاسيوم.

٢- يفضل إضافة كبريتات البوتاسيوم الى محاصيل التبغ والقطن، والقصب السكري، والبطاطا، والطماطه، والخيار، والفريز واشجار الفاكهة وذلك لحساسية هذه المحاصيل للكلوريد.

٣- تستعمل نترات البوتاسيوم بصورة رئيسة في اشجار الفاكهة والمحاصيل البستنية وذلك برشها على الاشجار.

٤- في الترب الرملية والعضوية ينصح باضافة السماد البوتاسي قبل زراعة المحصول فيها وذلك من اجل تجنب فقد البوتاسيوم بعملية الغسل في فترات المطر.

صناعة الاسمدة الكيمياوية والتسميد في العراق

في هذا الباب سوف نتطرق الى بداية وتطور ومصادر وانواع ومستقبل صناعة الاسمدة الكيمياوية في القطر، وكذلك الى التسميد النيتروجيني والفوسفاتي في الزراعة العراقية.

ترجع فكرة انشاء معمل لهذه الصناعة الى اوائل الخمسينات حيث بوشر بدراسة ذلك سنة ١٩٥٣ من قبل وزارة الاعمار انذاك اي مع اول مسح صناعي قامت به شركات عالمية متخصصة الا ان اقامة اول مشروع لم يتحقق الا في نهاية الستينات لاسباب عديدة ابرزها عدم انتشار الوعي الصناعي والزراعي لاستعمال الاسمدة الكيمياوية كبديل للاسمدة الطبيعية باعتبارها عنصر مهم ومعجل في عملية الانتاج الزراعي وزيادة مردوداته.

وقد تحقق توقيع عقد اول مشروع لانتاج الاسمدة النيتروجينية في نهاية عام ١٩٦٧ لانتاج ١٦٠ طن/يوم سماد اليوريا و٤٢٠ طن/ يوم سماد كبريتات الامونيوم.

بدأ انتاج الاسمدة لاول مرة في العراق في شهر حزيران ١٩٧١ بمصانع الاسمدة في جنوب العراق وكان هذا المصنع يعتبر الحجر الاساس لتثبيت صناعة الاسمدة ومعهداً لاعداد الكوادر اللازمة لادارة وتشغيل وادامة هذه الصناعة.

ان الاعمال الموقعية لمشروع الاسمدة الاول ابتدأت في اواسط ١٩٦٨ وعند انبثاق ثورة ١٧–٣٠ تموز القومية الاشتراكية اولت حكومتنا الوطنية الاهتمام البالغ لانجاز هذا المصنع في الموعد المحدد له وتحقق ذلك.

وعلى ضوء نجاح هذه التجربة التي ترعرعت في حضن الثورة وانطلاقاً من مبادئها التي تتجسم في توسيع القاعدة الصناعية في القطر والاستغلال الامثل للثروات الطبيعية وتصنيعها ولتوفير المادة الاساسية لصناعة الاسمدة النتروجينية وهي الغاز الطبيعي وعلى ضوء الامكانات والطلب والاتجاه العالمي في هذا المنتوج فقد تم التخطيط من قبل الحزب والثورة على التوسع في انشاء المصانع الكبيرة المماثلة والتي تعتبر الدعامة الرئيسية في بناء الاقتصاد الوطني.

عليه وفي ايلول ١٩٧٣ تم توسيع انتاج اليوريا بانشاء وحدة جديدة بطاقة انتاجية قدرها ١٣٠٠ طن/يوم وبدأ الانتاج فيها في اوائل عام ١٩٧٧.

وفي ايلول ١٩٧٥ برزت في الافق مرحلة جديدة لانتاج سماد اليوريا حيث تم انشاء مصنع لانتاج اليوريا بطاقة ٣٢٠٠ طن/يوم وبدأ الانتاج في شباط ١٩٧٩ كما بوشر بانشاء مشروع المجمع الكيمياوي لصناعة الاسمدة الفوسفاتية في عهد الثورة وقد تم انجازه وبصورة متكاملة سنة ١٩٨٣، وقد بدأ الانتاج الفعلي في بداية النصف الثاني من سنة ١٩٨٣.

انواع الاسمدة المصنعة في العراق

لقد اشار دليل استخدامات الاسمدة الكيمياوية الذي اصدرته الهيئة العامة للخدمات الزراعية في عام ١٩٩١ بان الاسمدة المنتجة والمستخدمة في القطر هي اليوريا، والسوبرفوسفات الثلاثي ، والاسمدة المركبة ٢٧-٢٧-صفر و ١٨-١٨-١٨ وكذلك كبريتات البوتاسيوم .

مصادر المواد الاولية في صناعة الاسمدة بصورة عامة وفي العراق بصورة خاصة

أ- مصادر المواد الاولية بصورة عامة

١- الغاز الطبيعي — Natural Gas
٢- النفثا — Naphtha
٣- زيت الوقود الثقيل — Heavy Fuel Oil
٤- الفحم — Coal and lignite
٥- الغازات النفطية المسيلة — LPG
٦- التحليل الكهربائي للماء — Electroytic (H_2)

حيث ان المادة الاولية في هذه الطريقة هي الماء والهواء والكهرباء

٧- الكبريت
٨- الفوسفات
٩- البوتاس
١٠- حامض الكبريتيك وحامض النتريك والامونيا

ب- مصادر المواد الاولية في العراق

١- الغاز الطبيعي واليوريا
٢- الكبريت
٣- يستخدم بخار الماء والهواء الجوي لاغراض عمليات تحوير الغاز الطبيعي
٤- خامات الفوسفات
٥- امونيا
٦- بوتاس
٧- تراب تغليف

ان اجراء التجارب والبحوث على كل من التربة والنبات هو في الواقع الطريقة والوسيلة التي يمكن بواسطتها وضع سياسة سمادية معينة تتلاءم مع حالة التربة ونوع النبات وكذلك الظروف المحيطة بالنبات النامي في تلك التربة. ومن هذه القاعدة انطلقت بحوث ودراسات عديدة داخل القطر حقلية ومختبرية لمعرفة مدى استفادة النبات من العناصر الغذائية الموجودة في التربة ومدى استجابته لاضافات الاسمدة المختلفة من اجل وضع خطة سمادية علمية صحيحة للتعويض عما تفقده التربة من عناصر غذائية نتيجة زراعتها المتوالية، والوصول بالانتاج الزراعي الى الحد الاقتصادي الأقصى. ومعالجة حالات نقص العناصر الغذائية التي تظهر على النبات وكذلك تحسين نوعية الانتاج، على الرغم من وجود توصيات خاصة حول استعمال الاسمدة الكيمياوية من قبل وزارة الزراعة والاصلاح الزراعي. وقبل ان نقوم بسرد بعض من هذه التجارب والدراسات[١].

يجب علينا ان ننقل اهم توصيات وزارة الزراعة حول تسميد محاصيل الحبوب والمحاصيل الصناعية ومحاصيل البقول ومحاصيل الخضر واشجار الفاكهة المنشورة في دليل استخدامات الاسمدة الكيمياوية لعام ١٩٩١.

١ - ٣الحبوب

الحنطة، القمح الشيلمي، الشعير، الرز، الذرة الصفراء، الذرة البيضاء

الحنطة والقمح الشيلمي

١ - في المناطق مضمونة الامطار «٤٥٠ ملم او اكثر سنوياً»

تحتاج الاصناف المعتمدة من الحنطة الى ٣٠ كغم نتروجين و٢٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور و١٠ كغم اوكسيد البوتاسيوم للدونم الواحد وتضاف كالآتي:

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٣٠ كغم يوريا و٤٠ كغم سوبر فوسفات و٢٠ كغم كبريتات البوتاسيوم عند الزراعة و٣٠ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ١١٠ كغم من السماد المركب ١٨ - ١٨ - ١٨ عند الزراعة و٣٠ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة. او ان يضاف ٥٠ كغم من السماد المركب ٢٧ - ٢٧ - صفر عند الزراعة و٣٠ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة.

ملاحظة: موعد الزراعة هو تاريخ اول بلة (سقوط الامطار)

٢- في المناطق شبه مضمونة الامطار «٣٥٠-٤٥٠ ملم امطار سنوياً»

تحتاج الاصناف المعتمدة من الحنطة الى ٢٠ كغم نتروجين و١٠ كغم سوبر فوسفات و١٠ كغم اوكسيد البوتاسيوم للدونم الواحد وتضاف كالاتي:

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٢٠ كغم يوريا و٢٠ كغم سوبر فوسفات و٢٠ كغم كبريتات البوتاسيوم عند الزراعة و٢٠ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ١١٠ كغم من السماد المركب ١٨ - ١٨ - ١٨ عند الزراعة و٢٠ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة. او يضاف ٤٠ كغم سماد مركب ٢٧ - ٢٧ - صفر عند الزراعة و٢٥ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة.

٣- في المناطق غير مضمونة الامطار

يترك بدون توصية لحين ظهور نتائج مشاريع الابحاث التسميدية.

٤- في المناطق السيحية «الاروائية»

تحتاج الاصناف المعتمدة من الحنطة الى ٥٠ كغم نتروجين و٢٥ كغم خامس اوكسيد الفسفور و١٥ كغم اوكسيد البوتاسيوم للدونم الواحد وتضاف كالاتي:-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٥٠ كغم يوريا و٥٠ كغم سوبر فوسفات و٣٠ كغم كبريتات البوتاسيوم عند الزراعة و٥٠ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة
يضاف ٢٥٠ كغم من السماد المركب ١٨ - ١٨ - ١٨ و٥٠ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة. او يضاف ١٠٠ كغم من السماد المركب ٢٧ - ٢٧ - صفر عند الزراعة و٥٠ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة.

ملاحظة: يكون التسميد ذو كفاءة في حالة كون ملوحة التربة اقل من ٨ مليموز/سم.
والمقصود بموعد الزراعة هو تاريخ اول ريه (رية الانبات)

الشعير

١- في المناطق المروية ومضمونة الامطار
يحتاج محصول الشعير في هذه المناطق الى ٢٥ كغم نتروجين و٢٥ كغم خامس اوكسيد الفسفور و١٠ كغم اوكسيد البوتاسيوم للدونم الواحد وتضاف كالاتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة
يضاف ٢٥ كغم يوريا و٥٠ كغم سوبر فوسفات و٢٠ كغم كبريتات البوتاسيوم عند الزراعة و٢٥ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة
يضاف ١٢٥ كغم من السماد المركب ١٨ - ١٨ - ١٨ عند الزراعة و٢٥ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة. او يضاف ٥٠ كغم من السماد المركب ٢٧ - ٢٧ - صفر و٢٥ كغم سوبر فوسفات عند الزراعة و٢٥ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة.

٢- في المناطق شبه مضمونة الامطار
يحتاج محصول الشعير في هذه المناطق الى ١٥ كغم نتروجين و١٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور و١٠ كغم كبريتات البوتاسيوم للدونم الواحد تضاف كالاتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة
يضاف ١٥ كغم يوريا و٢٠ كغم سوبر فوسفات و٢٠ كغم كبريتات البوتاسيوم عند الزراعة و١٥ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ١١٠ كغم من السماد المركب ١٨ - ١٨ - ١٨ عند الزراعة و١٥ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة. او يضاف ٤٠ كغم من السماد المركب ٢٧ - ٢٧ - صفر عند الزراعة و٢٠ كغم يوريا بعد شهر ونصف من الزراعة.

٣- في المناطق غير مضمونة الامطار

يترك بدون توصية لحين ظهور نتائج مشاريع ابحاث التسميد.

ملاحظة: يكون التسميد ذو كفاءة في حالة كون ملوحة التربة اقل من ١٠ مليموز/سم.

الرز

يحتاج محصول الرز الى ٣٥ كغم نتروجين و١٥ كغم خامس اوكسيد الفسفور و١٠ كغم اوكسيد البوتاسيوم للدونم الواحد وتضاف كالاتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٢٥ كغم يوريا و ٢٥ كغم سوبر فوسفات و٢٠ كغم كبريتات البوتاسيوم عند الزراعة و٢٥ كغم يوريا في مرحلة التفرعات (بعد شهر من الزراعة) و ٢٥ كغم يوريا في مرحلة التزهير (بعد شهرين من الزراعة).

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٨٥ كغم من السماد المركب ١٨ - ١٨ - ١٨ عند الزراعة و٢٥ كغم يوريا بعد شهر من الزراعة و٢٥ كغم يوريا بعد شهرين من الزراعة. او يضاف ١٠٠ كغم من السماد المركب ٢٧ - ٢٧ - صفر عند الزراعة و٢٥ كغم يوريا بعد شهر من الزراعة و٢٥ كغم يوريا بعد شهرين من الزراعة.

الذرة الصفراء والذرة البيضاء

تحتاج الذرة الصفراء او الذرة البيضاء الى ٨٠ كغم نتروجين و٥٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور للدونم الواحد وتضاف كالاتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٧٥ كغم يوريا و١١٠ كغم سوبر فوسفات اثناء تحضير الارض و١٠٠ كغم يوريا عند بلوغ النباتات ٢٠ سم.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ١٨٥ كغم سماد مركب ٢٧ - ٢٧ - صفر عند تحضير الارض و١٠٠ كغم يوريا عند بلوغ النباتات ٢٠ سم.

٢ - المحاصيل الصناعية

العصفر والكتان

يحتاج محصولا العصفر والكتان الى ٢٠ كغم نتروجين و٢٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور و١٠ كغم اوكسيد البوتاسيوم لكل دونم وتضاف كالاتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٢٢ كغم يوريا و٤٤ كغم سوبر فوسفات و٢٠ كغم كبريتات البوتاسيوم عند الزراعة و٢٢ كغم يوريا بعد الخف او قبل الازهار.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٤٠ كغم سماد مركب ٢٧ - ٢٧ - صفر مع ٥٦ كغم سماد مركب ١٨ - ١٨ - ١٨ ودفعة واحدة عند الزراعة.

السمسم

يحتاج محصول السمسم الى ٢٠ كغم نتروجين و٢٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور لكل دونم وتضاف كالاتي :

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٢٢ كغم يوريا و٤٤ كغم سوبر فوسفات عند الزراعة و٢٢ كغم يوريا بعد الخف او قبل الازهار.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٧٥ كغم سماد مركب ٢٧ - ٢٧ - صفر دفعة واحدة عند الزراعة

عباد الشمس

يحتاج هذا المحصول الى ٤٠ كغم نتروجين و٢٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور و٢٠ كغم اوكسيد البوتاسيوم للدونم وتضاف كالاتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٤٥ كغم يوريا مع ٤٥ كغم سوبر فوسفات ثلاثي و٤٠ كغم كبريتات البوتاسيوم عند الزراعة ويضاف ٤٥ كغم يوريا عند بدء تكوين الاقراص.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ١١٠ كغم من السماد المركب ١٨ - ١٨ - ١٨ عند الزراعة ويضاف ٤٥ كغم يوريا عند بدء تكوين الاقراص.

فول الصويا

١- بدون لقاح بكتيري

تحتاج فول الصويا وبدون استخدام اللقاح البكتيري الى ٤٠ كغم نتروجين و٤٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور و٢٠ كغم اوكسيد البوتاسيوم للدونم الواحد وتضاف كالاتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٤٥ كغم يوريا و٩٠ كغم سوبر فوسفات و٤٠ كغم كبريتات البوتاسيوم عند الزراعة و٤٥ كغم يوريا قبل تكوين القرنات.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ١١٠ كغم من السماد المركب ١٨ - ١٨ - ١٨ و٤٥ كغم سوبر فوسفات عند الزراعة و٤٥ كغم يوريا قبل تكوين القرنات.

٢- مع اللقاح البكتيري

تحتاج فول الصويا مع استخدام اللقاح البكتيري الى ١٠ كغم نتروجين و٤٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور و١٠ كغم اوكسيد البوتاسيوم للدونم الواحد وتضاف كالاتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ١٠ كغم يوريا و٩٠ كغم سوبر فوسفات و٢٠ كغم كبريتات البوتاسيوم عند الزراعة ويضاف ١٠ كغم يوريا قبل تكوين القرنات.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٢٥ كغم سماد مركب ١٨- ١٨- ١٨ مع ٦٥ كغم سوبر فوسفات عند الزراعة ويضاف ١٠ كغم يوريا قبل تكوين القرنات.

فستق الحقل

يحتاج هذا المحصول الى ١٠ كغم نتروجين و٣٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور لكل دونم وتضاف كالاتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٢٢ كغم يوريا و٦٥ كغم سوبر فوسفات دفعه واحدة عند الزراعة ويوضع سماد اليوريا في اخاديد مجاورة للنباتات بواسطة الات العزق المسمدة.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٣٧ كغم سماد مركب ٢٧ - ٢٧ - صفر و٤٤ كغم سوبر فوسفات دفعه واحدة عند الزراعة.

القطن

يحتاج محصول القطن الى ٤٠ كغم نتروجين و٣٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور و٢٠ كغم اوكسيد البوتاسيوم للدونم الواحد وتضاف كالاتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

تضاف ٤٥ كغم يوريا مع ٦٥ كغم سوبر فوسفات و ٤٠ كغم كبريتات البوتاسيوم عند الزراعة و ٤٥ كغم يوريا بعد ستة اسابيع من الزراعة.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ١١٠ كغم سماد مركب ١٨ - ١٨ - ١٨ مع ٢٠ كغم سوبر فوسفات عند الزراعة و ٤٥ كغم يوريا بعد ستة اسابيع من الزراعة.

البنجر السكري.

يحتاج الى ٢٠ كغم نتروجين و ٢٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور و ٢٠كغم اوكسيد البوتاسيوم لكل دونم وتضاف كالاتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٢٢ كغم يوريا و ٤٤ كغم سوبر فوسفات و ٤٠ كغم كبريتات البوتاسيوم اثناءالزراعة و ٢٢ كغم يوريا في مرحلة ٤ - ٦ اوراق.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٥٥ كغم سماد مركب ١٨ - ١٨ - ١٨ اثناء الزراعة و ٥٥ كغم سماد مركب ١٨ - ١٨ - ١٨ في مرحلة ٤ - ٦ اوراق.

السلجم

نظراً لقلة الدراسات في القطر حول هذا الموضوع فان الدليل يقترح اضافة ٢٥ كغم يوريا مع ٥٠ كغم سوبر فوسفات عند الزراعة و ٢٥ كغم يوريا بعد ستة اسابيع من الزراعة.

٣- محاصيل البقول

الباقلاء لغرض الحبوب

١- في المنطقة السيحية

يحتاج هذاالمحصول الى ٢٥ كغم نتروجين و ٣٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور و ١٠ كغم اوكسيد البوتاسيوم لكل دونم وتضاف كالآتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

تضاف ٢٢ كغم يوريا و ٦٤ كغم سوبر فوسفات و ٢٠ كغم كبريتات البوتاسيوم بعد الحراثة وقبل التنعيم الاخير «بالدسك» نثراً باليد و ٢٢ كغم يوريا بعد ٤٠ يوماً من الزراعة تلقيماً اسفل النبات او بعد عزق النبات.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٥٥ كغم سماد ١٨ - ١٨ - ١٨ و ٤٤ كغم سوبر فوسفات بعد الحراثة وقبل التنعيم الاخير بالدسك نثراً باليد و ٢٢ كغم يوريا بعد ٤٠ يوماً من الزراعة تلقيماً اسفل النبات او بعد عزق النبات.

٢- في المنطقة الديمية

يحتاج هذا المحصول الى ١٠ كغم نتروجين و ٢٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور لكل دونم تضاف كالآتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٢٢ كغم يوريا و ٤٤ كغم سوبر فوسفات دفعة واحدة بعد الحراثة وقبل التنعيم الاخير بالدسك.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٤٠ كغم سماد مركب ٢٧ - ٢٧ - صفر و ٢٢ كغم سوبر فوسفات دفعة واحدة بعد الحراثة وقبل التنعيم الاخير بالدسك.

الحمص والعدس

يحتاج هذان المحصولان الى ١٠ كغم نتروجين و ٢٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور و ١٠ كغم اوكسيد البوتاسيوم لكل دونم تضاف كالاتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٢٢ كغم يوريا و ٤٤ كغم سوبر فوسفات و ٢٠ كغم كبريتات البوتاسيوم دفعة واحدة بعد الحراثة او قبل التنعيم الاخير بالدسك.

في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٥٦ كغم سماد مركب ١٨ – ١٨ – ١٨ و ٢٢ كغم سوبر فوسفات دفعة واحدة بعد الحراثة وقبل التنعيم الاخير بالدسك

الجت والبرسيم

يحتاج هذان المحصولان الى ١٥ كغم نتروجين و ٢٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور لكل دونم وتضاف كالاتي :-

أ– في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ١٦ كغم يوريا و ٤٤ كغم سوبر فوسفات بعد الحراثة و ١٦ كغم يوريا السنة الثانية والثالثة بعد الحشة الاولى في الربيع .

ب– في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٢٨ كغم سماد مركب ٢٧ – ٢٧ – صفر مع ٢٧ كغم سوبر فوسفات بعد الحراثة و ١٦ كغم يوريا السنة الثانية والثالثة وبعد الحشة الاولى في الربيع

الماش

يحتاج هذا المحصول الى ١٥ كغم نتروجين و ١٥ كغم خامس اوكسيد الفسفور و ١٥ كغم كبريتات البوتاسيوم لكل دونم وتضاف كالآتي :-

أ– في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٣٢ كغم يوريا و ٣٢ كغم سوبر فوسفات و ٣٠ كغم كبريتات البوتاسيوم دفعة واحدة عند الزراعة .

ب– في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٨٥ كغم سماد مركب ١٨ – ١٨ – ١٨ دفعة واحدة عند الزراعة .

٤ – الخضر

السلق والسبانغ والكرفس والرشاد والكراث والمعدونس

تحتاج هذه الخضر الى ٢٠ كغم نتروجين و ٢٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور لكل دونم تضاف كالآتي : –

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٢٥ كغم يوريا و ٤٥ كغم سوبر فوسفات تحضير الارض اما النصف الثاني من اليوريا «٢٠ كغم» فيضاف بعد شهر من الانبات للمحاصيل التي تزرع على خطوط اما المحاصيل التي تزرع نثراً في الواح فيفضل ان تقسم هذه الدفعة على وجبتين.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٨ كغم سماد مركب ١٨ - ١٨ - ١٨ عند تحضير الارض دفعة اولى قبل الزراعة و ٣٧ كغم سماد مركب ١٨ - ١٨ - ١٨ دفعة ثانية بعد شهر من الانبات وذلك عند الزراعة على خطوط اما عند الزراعة بطريقة النثر في الواح فيفضل ان تقسم الدفعة الثانية على وجبتين.

الشلغم والشوندر والجزر والفجل

تحتاج هذه المحاصيل الى ٣٠ كغم نتروجين و ٣٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور و ١٠ كغم اوكسيد البوتاسيوم لكل دونم تضاف كالآتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٢٥ كغم يوريا ٣٢ كغم سوبر فوسفات و ١٠ كغم كبريتات البوتاسيوم عند تحضير التربة وتضاف نفس الكمية بعد خف النباتات و ١٠ كغم كبريتات البوتاسيوم عند تحضير التربة وتضاف نفس الكمية بعد خف النباتات اما الدفعة الثالثة وهي ٢٠ كغم يوريا فتضاف بعد شهر من الدفعة الثانية.

ب- في حالة توفر الأسمدة المركبة

يضاف ٢٧,٥ كغم من السماد المركب ١٨ - ١٨ - ١٨ مع ٤٥ كغم سوبر فوسفات و١١ كغم يوريا عند تحضير التربة دفعة اولى و ٢٧,٥ كغم سماد مركب ١٨ - ١٨ - ١٨ بعد خف النباتات و ٣٣ كغم يوريا بعد ثلاثة اسابيع من خف النباتات دفعة ثانية.

البصل والثوم

يحتاج هذان المحصولان الى ٣٠ كغم نتروجين و ٣٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور و٣٥ كغم اوكسيد البوتاسيوم لكل دونم وتضاف كالآتي :-

ملاحظة مهمة

يفضل في زراعة هذين المحصولين استخدام سماد كبريتات الامونيوم «٢١٪ نتروجين» كمصدر لعنصر النتروجين بدلاً من اليوريا وفي هذه الحالة يجب ان تكون كمية كبريتات الامونيوم تساوي كمية اليوريا× ٢,٢ .

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٣٠كغم يوريا و ٦٥كغم سوبر فوسفات و ٥٠كغم كبريتات البوتاسيوم بعد ٣- ٤ أسابيع من الشتل و ٣٥كغم يوريا بعد شهر من الدفعة الاولى.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٧٠كغم سماد مركب ١٨ - ١٨ - ١٨ و ١١كغم سوبر فوسفات بعد ٣- ٤ اسابيع من الشتل و ٧٠كغم سماد مركب ١٨ - ١٨ - ١٨ مع ١١كغم يوريا بعد شهر من الدفعة الاولى وفي كلا الحالتين تضاف الاسمدة في اخاديد على جانبي المرز اسفل النباتات بحوالي ١٠سم وتغطى بالتراب جيداً بالقلاب ثم يسقى الحقل مباشرة بعد التسميد.

اللهانة والخس والقرنابيط

تحتاج هذه المحاصيل الى ٢٥كغم نتروجين و ٢٥كغم خامس اوكسيد الفسفور للدونم الواحد وتضاف كالآتي : -

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٢٥كغم يوريا و ٥٥كغم سوبر فوسفات بعد ٢ - ٣ أسابيع من الشتل و ٣٠كغم يوريا عند التفاف الرؤوس.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٤٥كغم من السماد المركب ٢٧ - ٢٧ - صفر بعد ٢ - ٣ أسابيع من الشتل و ٤٥كغم سماد مركب ٢٧ - ٢٧ - صفر عند التفاف الرؤوس.

البطاطا الربيعية

يحتاج هذا المحصول الى ٣٠كغم نتروجين و ٤٠كغم خامس اوكسيد الفسفور و ٢٥كغم اوكسيد البوتاسيوم لكل دونم وتضاف كالآتي : -

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٣٠كغم يوريا و ٨٥كغم سوبر فوسفات و ٢٥كغم كبريتات البوتاسيوم عند الزراعة واثناء تحضير التربة كدفعة اولى. ويضاف ٣٥كغم يوريا و ٢٥كغم كبريتات البوتاسيوم بعد ٤٥ يوم من الدفعة الاولى وتضاف الاسمدة تلقيماً تحت النباتات حوالي ١٠ سم وتغطى بالتراب.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة
يضاف ٧٠كغم سماد مركب ١٨ - ١٨ - ١٨ مع ٣٣كغم سوبر فوسفات وتخلط جيداً وذلك عند تحضير التربة. ويضاف ٧٠كغم سماد مركب ١٨ - ١٨ - ١٨ و ١١كغم يوريا بعد ٤٥ يوماً وتضاف الاسمدة تلقيماً تحت النباتات حوالي ١٠ سم في اخاديد ثم تغطى بالتراب بشكل جيد.

البطاطا الخريفية

يحتاج هذا المحصول الى ٢٠كغم نتروجين و ٤٠كغم خامس اوكسيد الفسفور و ٢٠كغم اوكسيد البوتاسيوم لكل دونم تضاف كالآتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة
يضاف ٢٠كغم يوريا و ٨٥كغم سوبر فوسفات و ٢٥كغم كبريتات البوتاسيوم عند الزراعة واثناء تحضير التربة. ويضاف ٢٥كغم يوريا و ٢٥كغم كبريتات البوتاسيوم بعد ٤٥ يوماً من الدفعة الاولى.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة
يضاف ٥٥كغم من السماد المركب ١٨ - ١٨ - ١٨ و ٤٥ كغم سوبر فوسفات عند الزراعة. ويضاف ٥٥كغم سماد مركب ١٨ - ١٨ - ١٨ بعد ٤٥ يوماً وفي كلتا الحالتين تضاف الاسمدة تلقيماً تحت النباتات وبحوالي ١٠ سم وتغطى بالترب.

الرقي والقرع والخيار والبطيخ

تحتاج هذه المحاصيل الى ٣٠كغم نتروجين و ٤٠كغم خامس اوكسيد الفسفور لكل دونم وتضاف كالآتي :-

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة
يضاف ٣٠كغم يوريا و ٨٥كغم سوبر فوسفات عند الزراعة و ٣٥كغم يوريا عند الأزهار.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٥٥كغم سماد مركب ٢٧ - ٢٧ - صفر مع ٢٠كغم سوبر فوسفات عند الزراعة و٥٥كغم سماد مركب ٢٧ - ٢٧ - صفر عند الازهار.

في كلا الحالتين يوضع السماد في اخدود على عمق حوالي ١٠ سم ويبعد عن النباتات بحوالي ١٠ سم ثم يغطى جيداً بالتراب ويسقى الحقل مباشرة ويمكن اضافة السماد بواسطة باذرة السماد حيث يوضع على خطوط وذلك قبل الزراعة واثناء فتح السواقي للزراعة.

الباذنجان والطماطة والفلفل والباميا

تحتاج هذه المحاصيل الى ٣٠كغم نتروجين و ٤٠كغم خامس اوكسيد الفسفور و٣٠كغم اوكسيد البوتاسيوم لكل دونم وتضاف كالآتي : -

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ٣٠كغم يوريا و ٨٥كغم سوبر فوسفات و ٦٠كغم كبريتات البوتاسيوم بعد زراعة الشتلات ٢ - ٣ اسابيع «بعد الانبات بالنسبة للباميا» و ٣٥كغم يوريا عند الازهار.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٨٣كغم سماد مركب ١٨ - ١٨ - ١٨ و ٢٢كغم سوبر فوسفات بعد الشتل باسبوعين «بعد الانبات بالنسبة للباميا» و ٨٣كغم سماد مركب ١٨ - ١٨ - ١٨ عند الازهار وفي كلتا الحالتين يوضع السماد في اخدود على عمق حوالي ١٥سم ويبعد عن النباتات بحوالي ١٠ سم ثم يغطى جيداً بالتراب ويسقى الحقل مباشرة بعد التسميد.

جـ- الاسمدة الحيوانية وتضاف عند تحضير التربة وبمقدار ٥ - ٦ طن/ دونم سماد حيواني متحلل.

البزاليا واللوبيا والباقلاء الخضراء والفاصوليا الخضراء

تحتاج هذه المحاصيل الى ١٥كغم نتروجين و ٣٠كغم خامس اوكسيد الفسفور لكل دونم وتضاف كالآتي : -

أ- في حالة توفر الاسمدة البسيطة

يضاف ١٥كغم يوريا و ٦٥كغم سوبر فوسفات عند تحضير الأرض وقبل الزراعة و١٨كغم يوريا بعد شهر من الانبات.

ب- في حالة توفر الاسمدة المركبة

يضاف ٢٨كغم سماد مركب ٢٧- ٢٧- صفر و ٣٣كغم سوبر فوسفات عند تحضير الأرض قبل الزراعة و ٢٧كغم سماد مركب ٢٧- ٢٧- صفر بعد شهر من الانبات ويضاف السماد في اخاديد تبعد عن النباتات بحوالي ٥- ١٠ سم وتغطى بالتراب.

٥- اشجار الفاكهة

ملاحظات عامة لكل جداول اشجار الفاكهة

١- بعد السنة السادسة تضاف كمية من الاسمدة بشكل نسبي حسب قوة نمو الشجرة.

٢- الاضافة تكون لواحدة من البدائل اي اما اضافة الاسمدة البسيطة او المركبة مع البسيطة وليس البديلين معاً.

٣- في حالة توفر الاسمدة البسيطة «اليوريا، السوبر فوسفات، كبريتات البوتاسيوم» تضاف نصف كمية اليوريا وجميع كمية السوبر فوسفات وكبريتات البوتاسيوم خلال فصل الربيع اما النصف الثاني من اليوريا فيضاف في فصل الخريف.
وفي حالة استخدام البديل الثاني فتضاف جميع كمية السماد المركب والسوبر فوسفات في فصل الربيع اما كمية اليوريا فتضاف في فصل الخريف.

٤- طريقة إضافة الاسمدة الكيمياوية تكون في حالة الزراعة على خطوط بحفر خندق بعمق ٢٠ سم يبعد عن ساق الشجرة بمسافة ٥٠ سم وتوضع فيه الاسمدة ثم تغطى بالتراب ويتم السقي مباشرة. اما في حالة الزراعة على الواح فينثر السماد الكيمياوي في الواح حسب عدد الاشجار فيها «ويفضل خلطه مع التربة» ثم تسقى الالواح مباشرة.

٥- ينصح اضافة الى الاسمدة الكيمياوية التي تحتوي على العناصر الغذائية الرئيسية الثلاثة «النتروجين، الفسفور، البوتاسيوم» استخدام الاسمدة السائلة التي تحتوي على العناصر النادرة «الحديد، الزنك، النحاس، المنغنيز... الخ» وذلك برشها على الاشجار بعدد المرات وبالتراكيز الموصى بها من الشركات المنتجة لها.

الاسمدة العضوية

اضافة الى الاسمدة الكيمياوية فالشائع هو استخدام الاسمدة العضوية «مخلفات نباتية او حيوانية او صناعية متحللة ومتخمرة» لتسميد اشجار الفاكهة.

تضاف الاسمدة العضوية بشكل نصف دائرة «اذا كانت الاشجار مزروعة على سواقي» وبعمق ٥٠ — ٦٠ سم تحت التربة بعيداً عن مساطب السيقان والجذور ويغطى بالتراب. اما اذا كانت الاشجار مزروعة على مساطب فينثر بين الاشجار بشكل متجانس ويقلب مع التربة بواسطة الروديفيتر وموعد اضافة الاسمدة العضوية هو منتصف كانون الأول لكي يحلل قبل موعد النمو، ويفضل اضافة الاسمدة العضوية المتحللة والمتخمرة بشكل جيد حتى لاتسبب نواتج عمليات التحلل والتخمر اضراراً لجذور الاشجار.

أما الكميات المضافة فتكون كالآتي : —

تضاف الاسمدة العضوية اعتباراً من السنة الثانية من عمر الشجرة وبالشكل الآتي : —

* نضيف ١كغم لكل شجرة بعمر سنتين.
* نضيف ٣كغم لكل شجرة بعمر اربع سنوات.
* نضيف ٥كغم لكل شجرة بعمر ٦ — ١٠ سنوات.
* نضيف ٧كغم لكل شجرة بعمر ١٢ — ٢٠ سنة.

وبشكل عام تضاف الاسمدة العضوية مرة كل سنتين.

جدول (٢٢) : الجرعات السمادية للتفاح والكمثرى والسفرجل

عمر الشجرة (سنة)	عناصر غذائية ٥ كغم/ دونم			البديل الاول			البديل الثاني		
				اسمدة بسيطة ٥ غم/شجرة			بسيطة ومركبة ٥ غم/شجرة		
	ن	ف	ب	ى	ص	ك	ى	سو	م
الاولى	٢	—	—	٩٠	—	—	٦٠	—	—
الثانية	٣٠	٢	—	٩٠	٦٠	—	٩٠	٦٠	—
الثالثة	٤	٣	١	١٢٠	٩٠	٣٠	٩٠	٦٠	٨٠
الرابعة	٦	٤	٢	١٨٠	١٢٠	٦٠	١٢٠	٦٠	١٦٠
الخامسة	٧	٤	٢	٢١٠	١٢٠	٦٠	٩٠	٦٠	١٦٠
السادسة	٩	٥	٣	٢٧٠	١٥٠	٩٠	٢١٠	٩٠	١٦٠

جدول (٢٣) : الجرعات السمادية للمشمش

عمر الشجرة (سنة)	عناصر غذائية ، كغم/دونم			البديل الاول - أسمدة بسيطة ، غم/شجرة			البديل الثاني - بسيطة ومركبة ، غم/شجرة		
	ن	ف	ب	ى	س	ك	ى	س	م
الاولى	٢	—	—	١٠	—	—	١٠	—	—
الثانية	٥	—	—	١٥٠	—	—	١٥٠	—	—
الثالثة	٧	٤	٢	٢١٠	١٢٠	٦٠	١٥٠	٦٠	١٦٠
الرابعة	١٠	٧	٣	٣٠٠	٢١٠	٩٠	٣٠٠	١٢٠	٢٤٠
الخامسة	١٥	٩	٤	٤٥٠	٢٧٠	١٢٠	٣٣٠	١٥٠	٣٢٠
السادسة	٢٠	١٥	١٠	٦٠٠	٤٥٠	٣٠٠	٣٠٠	١٥٠	٨٠٠

ن : نتروجين ، ف : خامس اوكسيد الفسفور ، ب : اوكسيد البوتاسيوم ، ى : يوريــــا ،
س : سوبر فوسفات الثلاثي ، ك : كبريتات البوتاسيوم ، م : سماد مركب (١٨-١٨-١٨)

جدول (٢٤) : الجرعات السمادية للتين

عمر الشجرة (سنة)	عناصر غذائية ، كغم/دونم			البديل الاول - أسمدة بسيطة ، غم/شجرة			البديل الثاني - بسيطة ومركبة ، غم/شجرة		
	ن	ف	ب	ى	س	ك	ى	س	م
الاولى	٦	—	—	١٨٠	—	—	١٨٠	—	—
الثانية	١٥	١٠	٥	٤٥٠	٣٠٠	١٥٠	٣٠٠	١٥٠	٤٠٠
الثالثة	٢٥	١٥	١٠	٧٥٠	٤٥٠	٣٠٠	٤٥٠	١٥٠	٨٠٠
الرابعة	٤٠	٣٠	٢٠	١٢٠٠	٩٠٠	٦٠٠	٦٠٠	٣٠٠	١٦٠٠
الخامسة	٦٠	٤٠	٣٠	١٨٠٠	١٢٠٠	٩٠٠	٩٠٠	٣٠٠	٢٤٠٠
السادسة	٨٠	٥٠	٣٥	٢٤٠٠	١٥٠٠	١٠٥٠	١٣٥٠	٤٥٠	٢٨٠٠

جدول (٢٥) : الجرعات السمادية للرمان

عمر الشجرة (سنة)	عناصر غذائية ، كغم/دونم			البديل الاول اسمدة بسيطة ، غم/شجرة			البديل الثاني بسيطة ومركبة ، غم/شجرة		
	ن	ف	ب	ي	س	ك	ي	س	م
الاولى	٢	—	—	٢٥	—	—	٢٥	—	—
الثانية	٦	٤	٣	٧٥	٥٠	٤٠	٤٠	١٥	١٢٠
الثالثة	٢٠	١٥	١٠	٢٥٠	٢٠٠	١٢٥	١٢٥	٦٥	٤٠٠
الرابعة	٣٥	٢٥	١٥	٤٥٠	٣٢٥	٢٠٠	٢٥٠	١٢٥	٦٠٠
الخامسة	٤٠	٣٠	٢٠	٥٠٠	٣٧٥	٢٥٠	٢٥٠	١٢٥	٨٠٠
السادسة	٥٥	٤٠	٣٠	٧٠٠	٥٠٠	٣٧٥	٣٢٥	١٢٥	١٢٠٠

ن : نتروجين ، ف : خامس اوكسيد الفسفور ، ب : اوكسيد البوتاسيوم ، ي : يوريـــا ،
س : سوبر فوسفات الثلاثي ، ك : كبريتات البوتاسيوم ، م : سماد مركب (١٨ــ١٨ــ١٨)

جدول (٢٦) : الجرعات السمادية للعنب

عمر الشجرة (سنة)	عناصر غذائية ، كغم/دونم			البديل الاول اسمدة بسيطة ، غم/شجرة			البديل الثاني بسيطة ومركبة ، غم/شجرة		
	ن	ف	ب	ي	س	ك	ي	س	م
الاولى	٢٠	—	—	١٠٠	—	—	١٠٠	—	—
الثانية	٤٠	٢٠	١٥	٣٠٠	١٥٠	١٠٠	٢٠٠	٥٠	٣٠٠
الثالثة	٦٠	٣٠	٢٥	٤٥٠	٢٢٥	٥٠٠	٢٥٠	—	٤٥٠
الرابعة	٧٠	٤٠	٣٠	٥٠٠	٣٠٠	٦٠٠	٣٠٠	—	٥٥٠
الخامسة	٧٥	٥٠	٤٠	٥٥٠	٣٧٥	٨٠٠	٢٥٠	—	٧٥٠
السادسة	٧٥	٥٠	٤٠	٥٥٠	٣٧٥	٨٠٠	٢٥٠	—	٧٥٠

جدول (٢٧) : الجرعات السمادية للحمضيات

عمر الشجرة (سنة)	عناصر غذائية ، كغم/دونم			البديل الأول اسمدة بسيطة ، غم/شجرة			البديل الثاني بسيطة ومركبة ، غم/شجرة		
	ن	ف	ب	ى	ص	ك	ى	ص	م
الاولى	٤٠	٢٠	٢٠	٩٠	٤٥	٤٥	٤٥	—	١١٠
الثانية	٧٨	٣٦	٣٩	١٧٠	٨٥	٨٥	٩٠	—	٢٢٠
الثالثة	٩٢	٤٦	٤٦	٢٠٠	١٣٠	١٣٠	١٠٠	—	٢٦٠
الرابعة	١٦٠	٨٠	٨٠	٣٥٠	١٧٥	١٧٥	١٧٥	—	٤٥٠
الخامسة	٢٠٠	١٠٠	١٠٠	٤٥٠	٢٢٥	٢٢٥	٢٢٠	—	٥٥٠
السادسة	٢٥٠	١٢٥	١٢٥	٥٥٠	٢٧٥	٢٧٥	٢٧٥	—	٧٠٠

ن : نتروجين ، ف : حامض أوكسيد الفسفور ، ب : اوكسيد البوتاسيوم ، ى : يوريا ،
ص : سوبر فوسفات الثلاثي ، ك : كبريتات البوتاسيوم ، م : سماد مركب (١٨-١٨-١٨)

جدول (٢٨) : الجرعات السمادية للاجاصيات

عمر الشجرة (سنة)	عناصر غذائية ، كغم/دونم			البديل الاول اسمدة بسيطة ، غم/شجرة			البديل الثاني بسيطة ومركبة ، غم/شجرة		
	ن	ف	ب	ى	ص	ك	ى	ص	م
الاولى	٢	—	—	٣٠	—	—	٣٠	—	—
الثانية	٤	٣	٢	٦٠	٤٥	٣٠	٣٠	١٥	٧٥
الثالثة	٦	٤	٢	٩٠	٦٠	٣٠	٦٠	٣٠	٧٥
الرابعة	١٥	١٠	٥	٢٢٠	١٥٠	٦٥	٧٠	٧٠	١٨٥
الخامسة	٢٥	١٥	١٠	٣٦٠	٢٢٠	١٣٥	٢٢٠	٧٠	٣٧٠
السادسة	٣٠	٢٠	١٠	٤٥٠	٣٠٠	١٣٥	١٥٠	١٥٠	٣٧٠

جدول (٢٩) : الجرعات السمادية للخوخ

عمر الشجرة (سنة)	عناصر غذائية كغم/دونم			البديل الأول: أسمدة بسيطة غم/شجرة			البديل الثاني: بسيطة ومركبة غم/شجرة		
	ن	ف	ب	ى	س	ك	ى	س	م
الاولى	٤	—	—	٦٠	—	—	٦٠	—	—
الثانية	٦	—	—	٩٠	—	—	٩٠	—	—
الثالثة	٩	٦	٣	١٣٠	٩٠	٤٠	٩٠	٤٥	١١٠
الرابعة	١٥	٧	٣	٢٢٠	١٠٠	٤٠	١٧٥	٦٠	١١٠
الخامسة	٢٥	١٥	١٠	٣٦٠	٢٢٠	١٣٥	٢٢٠	٢٥	٣٧٠
السادسة	٣٥	٢٠	١٥	٥٠٠	٢٩٠	٢٠٠	٢٩٠	٧٥	٥٥٠

ن : نتروجين • ف : خامس اوكسيد الفسفور • ب : اوكسيد البوتاسيوم • ى : يوريا •
س : سوبر فوسفات الثلاثي • ك : كبريتات البوتاسيوم • م : سماد مركب (١٨ـ١٨ـ١٨)

جدول (٣٠) : الجرعات السمادية للوز

عمر الشجرة (سنة)	عناصر غذائية • كغم/دونم			البديل الأول: أسمدة بسيطة • غم/شجرة			البديل الثاني: بسيطة ومركبة • غم/شجرة		
	ن	ف	ب	ى	س	ك	ى	س	م
الاولى	٢	—	—	١٧٥	—	—	١٧٥	—	—
الثانية	٢	٢	١	١٧٥	١٧٥	٨٠	٩٠	٩٠	٢٢٠
الثالثة	٥	٣	٢	٤٣٥	٢٦٠	١٦٠	٢٦٠	٩٠	٤٤٠
الرابعة	١٥	١٠	١٠	١٣٠٠	٨٧٠	٨٠٠	—	—	٢٢٢٥
الخامسة	٢٠	٢٠	٢٠	١٧٥٠	١٧٥٠	١٦٠٠	—	—	٤١٥٠
السادسة	٣٠	٢٠	٢٥	٢٦٠٠	١٧٥٠	٢٠٠٠	٢٦٠	—	٥٥٥٠

جدول (٣١) : الجرعات السمادية للكاكي

عمر الشجرة (سنة)	عناصر غذائية كغم/دونم			البديل الاول			البديل الثاني		
				اسمدة بسيطة غم/شجرة			بسيطة ومركبة غم/شجرة		
	ن	ف	ب	ي	س	ك	ي	س	م
الاولى	٢	—	—	٤٥	—	—	٤٥	—	—
الثانية	٦	٤	٢	١٣٠	٩٠	٤٠	٩٠	٤٥	١١٠
الثالثة	٩	٥	٤	١١٥	١١٠	٨٠	١١٠	٢٠	٢٢٠
الرابعة	١٢	٨	٦	٢٦٠	١٧٥	١٢٠	١٣٠	٤٥	٣٣٠
الخامسة	١٥	١٠	١٠	٣٢٥	٢٢٠	٢٠٠	١١٠	—	٥٥٠
السادسة	٢٥	١٥	١٥	٥٤٥	٣٢٥	٣٠٠	٢٢٠	—	٨٥٠

ن : نتروجين • ف : خامس اوكسيد الفسفور • ب : اوكسيد البوتاسيوم • ي : يوريا •
س : سوبر فوسفات الثلاثي • ك : كبريتات البوتاسيوم • م : سماد مركب (١٨–١٨–١٨)

جدول (٣٢) : الجرعات السمادية للزيتون

عمر الشجرة (سنة)	عناصر غذائية كغم/دونم			البديل الاول			البديل الثاني		
				اسمدة بسيطة غم/شجرة			بسيطة ومركبة غم/شجرة		
	ن	ف	ب	ي	س	ك	ي	س	م
الاولى	٥	٥	٥	١٠٠	١٠٠	١٠٠	—	—	٢٥٠
الثانية	١٠	١٠	١٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	—	—	٥٠٠
الثالثة	٢٥	٢٥	٢٥	٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠	—	—	١٢٥٠
الرابعة	٥٠	٥٠	٥٠	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠	—	—	٢٥٠٠
الخامسة	٧٥	٧٥	٧٥	١٥٠٠	١٥٠٠	١٥٠٠		—	٣٧٥٠
السادسة	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠	—	—	٥٠٠٠

ن : نتروجين • ف : خامس اوكسيد الفسفور • ب : اوكسيد البوتاسيوم • ي : يوريا •
س : سوبر فوسفات الثلاثي • ك : كبريتات البوتاسيوم • م : سماد مركب (١٨–١٨–١٨)

عدد الاشجار في الدونم الواحد

لكي تنمو اشجار الفاكهة بشكل صحيح ولكي يتم حساب الاسمدة بشكل دقيق نورد هذا الجدول.

جدول (٣٣): عدد الاشجار في الدونم الواحد

نوع الاشجار	مسافة الغرس (م)	عدد الاشجار في الدونم
تفاح ، مشمش ، تين ، كمثرى	٦×٦	٧٠
رمان ، اجاصيات ، جوز	٤×٤	١٥٠
كاكي ، الحمضيات ، الزيتون ، الفستق	٥×٥	١٠٠
العنب	٤×٢	٣٠٠

ان التجارب والدراسات المستمرة حول التسميد النيتروجيني والفوسفاتي لاختيار افضل الاسمدة النيتروجينية والفوسفاتية من حيث الكمية النوعية لمختلف المحاصيل الزراعية لازالت مستمرة على الرغم من توصيات وزارة الزراعة كما ذكرنا وذلك لاختلاف الترب من حيث خصوبتها واستجابتها للتسميد وكذلك دخول اصناف جديدة لمختلف المحاصيل الزراعية الى القطر. سوف نتطرق في هذا الباب الى بعض من هذه الدراسات والبحوث لغرض اطلاع الطالب على تجربة التسميد داخل القطر.

لقد وجد بأن السماد النيتروجيني والفوسفاتي المضاف استناداً الى اسس علمية صحيحة يؤدي الى تحسين نمو النبات وبالتالي زيادة الحاصل. اشار الباحث (قاسم ١٩٨٢) في تجربته تحت الظروف الديمية التي درس فيها اثر عمقي الزراعة (٤ و٨سم) مع كميتين من التقاوي لنبات الحنطة (٨٠ و ١٢٠ كغم / هكتار) تحت ثلاث مستويات من التسميد (صفر و ٨٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور / هكتار و ٨٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور مع ٤٠ كغم نيتروجين في الهكتار) حيث استخدم كبريتات الامونيوم (٢١٪ نيتروجين) كمصدر للنيتروجين والسوبرفوسفات الثلاثي (٤٦٪ خامس اوكسيد الفسفور) كمصدر للفسفور الى حصول زيادة في حاصل الحبوب عند معاملات التسميد على المعاملة بدون تسميد وكانت الزيادة عند التسميد الفوسفاتي والنيتروجيني اكبرها. وفي دراسة اخرى حول استجابة الذرة الصفراء للتسميد النيتروجيني ومسافات الزراعة التي

اجريت من قبل (العاني ١٩٨٣) في الموسمين الربيعي والخريفي لعام ١٩٨١ في حقل التجارب التابع لقسم المحاصيل الحقلية في كلية الزراعة - ابو غريب وذلك لمعرفة تأثير مسافات الزراعة (١٠ و ٢٠ و ٣٠ سم بين الجور) والسماد النيتروجيني (صفر و ٨٠ و ١٣٠ و ١٦٠ كغم نيتروجيني / هكتار) كبريتات الامونيوم الذي أضيف على دفعتين الاولى قبل الزراعة والثانية بعد بلوغ ارتفاع النبات ٢٠ سم على انتاج الذرة الصفراء. وجد في الموسم الربيعي بان زراعة بذور الهجين (Lg ١١) على مسافة ١٠ سم بين الجور وتسميدها باضافة ١٦٠ كغم نتروجين / هكتار قد اعطت اعلى معدل لحاصل الحبوب (٤٤٥٦,٨٧ كغم / هكتار) وهذه لاتختلف معنوياً عن معاملات زراعة بذور الصنف نيلبوم على مسافة ٢٠ و ١٠ سم بين الجور مع تسميدها باضافة ١٦٠ كغم نيتروجين/ هكتار حيث اعطت حاصل ٤٤٥٣,٩٩ و ٤٠٨١,٧٦ كغم حبوب / هكتار. اما في الموسم الخريفي وجد ان زراعة بذور الصنف نيلبوم على مسافة ٢٠ سم بين الجور مع تسميدها باضافة ١٦٠ و ١٢٠ كغم نيتروجين / هكتار اوزراعتها على مسافة ١٠ سم بين الجور مع التسميد باضافة ١٦٠ كغم نيتروجين / هكتار قد اعطت اعلى معدل لحاصل الحبوب ٧٧٨٦,٥٨ و ٧٧٢٣,٩١ و ٧٢١٥,٩٧ كغم/ هكتار على التوالي. وفي حقل كلية الزراعة/ابو غريب ايضاً اجريت تجربة حقلية (التكريتي ١٩٨٣) خلال الموسمين الخريفي ١٩٨١ والربيعي ١٩٨٢ لغرض تحديد افضل كمية من السماد النيتروجيني والفوسفاتي لنبات عباد الشمس للحصول على اعلى حاصل. في هذه التجربة استخدم السماد النيتروجيني كبريتات الامونيوم (٢١٪ نيتروجين) باربعة مستويات هي ١٢٠ و ١٨٠ و ٢٤٠ و ٣٠٠ كغم نيتروجين / هكتار للموسم الخريفي، واضيف في الموسم الربيعي كميتين اخريتين من النيتروجين هما صفر و ٦٠ كغم / هكتار. اما السماد الفوسفاتي (سوبر فوسفات ثلاثي ٤٥٪ خامس اوكسيد الفسفور) فلقد استخدم بثلاث مستويات هي صفر و ٦٠ و ١٢٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور/ هكتار. اضيف في هذه التجربة نصف السماد النيتروجيني وجميع السماد الفوسفاتي قبل الزراعة والنصف الثاني من السماد النيتروجيني اضيف في بداية مرحلة تكوين البراعم الزهرية بطريقة النثر. واظهرت النتائج خلال الموسم الخريفي بأن معاملة النيتروجين ٢٤٠ كغم نيتروجين / هكتار قد [illegible] اعلى حاصل بذور. اما في الموسم الربيعي فكانت افضل كمية هي ٣٠٠ كغم نيتروجين / هكتار بالنسبة لحاصل البذور تحت كافة مستويات الفسفور لكلا الموسمين (جدول ٣٤).

جدول (٣٤) تأثير النيتروجين والفسفور على حاصل بذور نبات عباد الشمس

كغم خامس اوكسيد الفسفور بالهكتار	كغم نيتروجين / هكتار ١٢٠	١٨٠	٢٤٠	٣٠٠
	خاصل البذور (طن/هكتار) لموسم ١٩٨١			
صفر	٢,٩٠٥٤	٣,٣١٨٨	٣,٤٩٨٨	٣,٤٤٢٠
٦٠	٣,١٩١٠	٣,٢٤٨٨	٣,٧٥٢١	٣,١٩١٠
١٢٠	٣,٤٢١٠	٣,١٩٦٥	٣,٥٧٤٣	٣,١٨٩٩

كغم خامس اوكسيد الفسفور بالهكتار	صفر	كغم نيتروجين/هكتار ٩٠	١٢٠	٢٤٠	٣٠٠
	خاصل البذور (طن/هكتار) لموسم ١٩٨٢				
صفر	١,٩٨٣٩	٣,٠٤٧٠	٣,٩٨١٧	٤,٠١٨٤	٤,٦٦٢٠
٦٠	٢,٠٥٠٨	٢,٧٨٣٢	٣,٣٥٢٢	٣,٣٩٢٢	٤,٤٠٣٢
١٢٠	٢,٣٧٠٨	٣,٢٠٠٤	٣,٥٨١٥	٣,٧٤٢٤	٤,٥٦١٠

التأثير التداخلي لثلاثة مواعيد للزراعة (بداية تشرين الاول ، بداية تشرين الثاني وبداية كانون الاول) واربعة معاملات للسماد الفوسفاتي (صفر و ٤٠ و ٨٠ و ١٢٠ كغم خامس اوكسيد الفسفور / هكتار) على حاصل اصناف الحنطة صابربيك ونوري ٧٠ والمكسيباك ، قد تم دراسته في منطقة سرطنك (محافظة دهوك) في المنطقة الشمالية من القطر من قبل (علي ١٩٨٣). اشارت النتائج (جدول ٣٥) الى ان الزراعة في الأول من تشرين الثاني قد اعطت اعلى حاصل للحبوب ، وادى استعمال السماد الفوسفاتي (سوبر فوسفات ثلاثي) الى حصول زيادة معنوية في حاصل الحبوب.

جدول (٣٥) تأثير موعد الزراعة والتسميد الفوسفاتي على حاصل نبات الحنطة

موعد الزراعة	السماد الفوسفاتي كغم خامس اوكسيد الفسفور / هكتار	الصنف	الحاصل كغم/هكتار
الاول	صفر	صابربيك	١٤١٤,٦٠٠
		نوري ٧٠	١٦٠١,٨١٠
		مكسيباك	٢١٥٧,٤٨٠
	٤٠	صابربيك	١٧٦٧,٦٧٠
		نوري ٧٠	١٥٧١,٨٥٠
		مكسيباك	٢١٦٣,٨١٠
	٨٠	صابربيك	٢٠٠٨,٣٣١
		نوري ٧٠	١٧٤٤,٥١٠
		مكسيباك	٢١٨٣,٢٠٠
	١٢٠	صابربيك	١٩٢٧,٤٩٠
		نوري ٧٠	١٧٨٦,٨٤٠
		مكسيباك	٢١٧٤,٧٩٠
الثاني	صفر	صابربيك	١٧١٧,١٣٠
		نوري ٧٠	١٨٧٨,٩٥٠
		مكسيباك	١٨٤٦,٦٢٠
	٤٠	صابربيك	١٨٧٧,١٧٠
		نوري ٧٠	٢٠٨٠,٧٧٠
		مكسيباك	٢٤٨٢,٢٢٠
	٨٠	صابربيك	٢١٠٣,٩١٠
		نوري ٧٠	٢٢٧٩,٠٣٣
		مكسيباك	٢٤٨٠,٣٤٠
	١٢٠	صابربيك	١٩٨٣,٠٣٠
		نوري ٧٠	١٩٣٣,٣٨٠
		مكسيباك	٢٧٠٩,٤٢٠

الثالث	صفر	صابربيك	٨٤٠,٩١٠
		نوري ٧٠	٤٥١,٤٠٠
		مكسيباك	٦٠٢,٨٤٠
	٤٠	ضابربيك	٦٦٣,٤٩٠
		نوري ٧٠	٣٤٨,٦٦٠
		مكسيباك	٣٢٢,٩١٠
	٨٠	صابربيك	٩٥٤,٠١٠
		نوري ٧٠	٣٢٢,٢٧٠
		مكسيباك	٣٧١,٢٠٠
	١٢٠	صابربيك	٩٨٦,٢٨٠
		نوري ٧٠	٤٣٦,٩١٠
		مكسيباك	٧١٨,٥٧٠

تلعب طرق اضافة السماد في مواعيد اضافته دوراً كبيراً في حاصل المحاصيل الزراعية. في محافظة السليمانية تم دراسة تأثير طرق ومواعيد اضافة السماد النيتروجيني على نمو وحاصل البنجر السكري من قبل الباحثين (أمين وجماعته ١٩٨٤) حيث تم زراعة تجربة حقلية خلال الموسم الخريفي لسنة ١٩٧٨ في موقعي بكرجو وشهرزور. نتائج هذه الدراسة كما هو واضح في الجدول (٣٦) بأن أعلى حاصل لجذور البنجر السكري يمكن الحصول عليه عندما يوضع السماد كبريتات الامونيوم بخطوط فوق سطح التربة وذلك عندما تضاف نصف كمية السماد عند الزراعة والنصف الآخر بعد شهرين من الزراعة.

جدول (٣٦) تأثير طرق اضافة السماد ومواعيد الاضافة على حاصل البنجر السكري

طرق اضافة السماد	مواعيد اضافة السماد عند الزراعة	بعد شهرين من الزراعة	نصف الكمية عند الزراعة والنصف الآخر بعد شهرين
	تجربة بكرجو		
• وضع السماد داخل اخدود على جانب خطوط الزراعة	٣,٧٣	١٢,١١	١٢,٤٣
• اضافة السماد نثراً	٣,٤١	٩,٨٨	١٢,٨٣
• وضع السماد بجور	٥,٤٦	١٢,٤١	١٤,٦٧
• وضع السماد بخطوط فوق سطح التربة	١,٨٨	٩,٩٧	١٠,٩٩
	تجربة شهرزور		
• وضع السماد داخل اخدود على جانب خطوط الزراعة	٤,٩٦	١١,٢٩	١٦,٠٩
• اضافة السماد نثراً	٢,١٦	١٠,٤٦	٩,٨٤
• وضع السماد بجور	٤,١٨	١١,٩٩	١٣,٧٢
• وضع السماد بخطوط فوق سطح التربة	١,٥٠	٩,٥٦	١٧,٤٥

تحت الظروف الديمية وفي منطقة تلعفر محدودة الامطار تم دراسة تأثير بعض معدلات السماد النيتروجيني والفوسفاتي على نمو وحاصل القش والحبوب لنبات الحنطة صنف صابر بيك (شابا وجماعته ١٩٨٦). اجريت هذه التجربة الحقلية للموسمين ٧٩– ٩٨٠ و ٩٨٠– ١٩٨١ في محطة البحوث الزراعية في تلعفر استعمل فيها اربعة مستويات من السماد الفوسفاتي سوبر فوسفات الكالسيوم (صفر و ٥ و ١٠ و ١٥كغم. فسفور / دونم) ومستويين من السماد النيتروجيني كبريتات الامونيوم هما صفر و ١٥ كغم نيتروجين / دونم. وبينت النتائج كما موضح في الجدول (٣٧) عن حصول زيادة معنوية في حاصل الحبوب والقش عند زيادة مستوى التسميد الفوسفاتي لحد ١٥ كغم فسفور / دونم بوجود او غياب النيتروجين.

جدول (٣٧) تأثيرالتسميد النيتروجيني والفوسفاتي على حاصل القش والحبوب لنبات الحنطة

السماد الفوسفاتي كغم/دونم	حاصل الحبوب كغم / دونم			
	موسم ٧٩–٩٨٠		موسم ٨٠–٩٨١	
	صفر	١٥	صفر	١٥
	كغم نيتروجين / دونم		كغم نيتروجين / دونم	
صفر	٢٥٥,٣٦	٢٧٠,٨٢	٣٠٢,٧٥	٣٢٢,٥٠
٥	٢٧٣,٥٨	٢٨١,٥٨	٣٤٥,٦٢	٣٦٢,٥٠
١٠	٣٣٢,٦٤	٣٥٢,٤٦	٣٦٣,٧٥	٣٨٨,١٣
١٥	٣٣٤,٨٩	٣٤٤,٧١	٣٧٤,٣٧	٣٩٠,٦٢
	حاصل القش كغم / دونم			
صفر	٦٦٥,٣٦	٦٥٦,٢٩	٧٠٩,١٢	٧٦٥,٦٢
٥	٧٧١,٢٥	٨١٣,٧٩	٨٦٩,٨٧	٩١٠,٠٠
١٠	٧٦٢,٧١	٩٢٤,٠٠	٨٩٤,٣٧	٩٧١,٨٧
١٥	٨٨٠,٩٩	٨٣٧,٤١	١٠١١,٨٧	١٠٠٨,٧٥

أما من حيث التسميد البوتاسي فهناك العديد من الدراسات والبحوث حول استعمال الاسمدة الكيمياوية البوتاسية في الزراعة العراقية ، ولكن نظراً لقلة الاستعمال التطبيقي للسماد البوتاسي من قبل الفلاح في الوقت الحاضر فلقد اكتفينا بتناول التسميد النيتروجيني والفوسفاتي. وهذا لايعني عدم اهمية البوتاسيوم في الزراعة. ايضاً يجب ان نذكر الطالب بأن عدم استعمال الاسمدة البوتاسية في الوقت الحاضر يعود الى كون معظم الترب العراقية لاتعاني من نقص البوتاسيوم.



7.0 الكالسيوم

7.1 كالسيوم التربة ومصادره

الكالسيوم احد العناصر الضرورية للنبات ومحتوى قشرة الارض من هذا العنصر عال يقرب من ٣,٦٤٪ وهذه النسبة تعد اعلى من نسب معظم العناصر الغذائية ، اذ يأتي بعد الاوكسجين (٤٦,٤٦٪ وزن) ، والسليكون (٢٧,٦١٪) ، والالمنيوم (٨,٠٧٪) والحديد (٥,٠٦٪) كنسبة وزنية من قشرة الارض . ان محتوى الترب من عنصر الكالسيوم مختلف باختلاف نوعية التربة ومادة الاصل والظروف المناخية السائدة .

ان مصادر كالسيوم التربة هي الصخور والمعادن الاولية والثانوية الحاوية على الكالسيوم ، يضاف الى هذه المصادر الكالسيوم المضاف الى التربة سماداً .

المعادن الاولية: ان المعادن الاولية التي تعد مصدراً مهماً لكالسيوم التربة هي :

Calcium Feldspar	$CaAl_2Si_2O_8$
Tremolite amphibole	$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$
Actinolite	$Ca_2Fe_5Si_8O_{22}(OH)_2$
Epidote	$Ca_2(Al,Fe)_3Si_3O_{12}(OH)$

المعادن الثانوية : اهم المعادن الثانوية التي يوجد الكالسيوم فيها هي :

Dolomite	$CaCO_3, MgCO_3$
Calcite	$CaCO_3$
Gypsum	$CaSO_4.2H_2O$
Apatite	$Ca_5(PO_4)_3,(Cl,F)$

كذلك يوجد الكالسيوم في معادن الطين الثانوية وخاصة في المعدن الطيني المونتمورولنيت .

عند تعرض هذه المعادن الى عمليات التجوية يتحرر الكالسيوم منها الى محلول التربة . والكالسيوم الموجود في محلول التربة في صورة ايون الكالسيوم تجري عليه العمليات الآتية :-

١ – الفقد بماء الري او الامطار نتيجة عمليات الغسل وخاصة في اتربة المناطق الرطبة .
٢ – يمتصه النبات وجزء منه تستهلكه الكائنات الحية الدقيقة .
٣ – يدمص او يكون بصورة متبادلة على سطوح معادن الطين .
٤ – يترسب من محلول التربة على شكل كاربونات الكالسيوم وفوسفات الكالسيوم .

ان كالسيوم التربة يوجد بعدة اشكال تختلف بصفاتها وجاهزيتها للنبات وهذه الاشكال هي :

١ – الكالسيوم غير الجاهز للامتصاص من لدن النبات وهو الكالسيوم الذي يوجد في المعادن الاولية ، ويعد مخزناً للكالسيوم المتيسر للنبات بعد تحرره من هذه المعادن بفعل عمليات التجوية .
٢ – الكالسيوم المتبادل وهو الكالسيوم المدمص الى غرويات التربة العضوية وغير العضوية . ويلعب هذا الجزء من الكالسيوم دورا مهما في تركيب التربة . ان وجود نسبة عالية من الكالسيوم على سطوح التبادل للتربة يؤدي الى حدوث تجميع flocculation لحبيبات التربة . وهذا التجمع لحبيبات التربة يؤدي الى جعلها محببة ومسامية ، وهذا يؤدي الى حصول تهوية جيدة ، وتحسين قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء . يضاف الى ذلك زيادة معدل نشاط الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن كثير من العمليات الحيوية داخل التربة وبالتالي زيادة نمو النبات والحاصل .

ان الكالسيوم المتبادل او المدمص على حبيبات التربة يكون صورة جاهزة للامتصاص من لدن النبات ويعد بذلك مخزناً لكالسيوم محلول التربة في حالة استنزاف مايحتويه محلولها من الكالسيوم .

٣ – كالسيوم محلول التربة : وهو الكالسيوم الذائب والجاهز للامتصاص من لدن النبات . هذا الشكل للكالسيوم يكون في حالة توازن مع الكالسيوم المتبادل .

7.2 العوامل التي تؤثر في جاهزية الكالسيوم

من العوامل المهمة التي تؤثر في جاهزية الكالسيوم وتوفر الكمية الملائمة من هذا العنصر في محلول التربة بصورة ذائبة لتزويد النبات بالكمية التي يحتاجها في دورة حياته ، هي :

١ – الكالسيوم المتبادل : تلعب السعة التبادلية الكاتيونية للتربة دوراً كبيراً في توفير الكالسيوم الذائب ، اذ ان التربة ذات السعة التبادلية الكاتيونية الواطئة والمحتوية على كمية قليلة من الكالسيوم تزود النبات بكمية جيدة من الكالسيوم . ولكن عندما تكون كمية الكالسيوم في التربة اكبر من الحالة الاولى ولكن في تربة ذات سعة تبادلية كاتيونية عالية فأن هذه التربة تزود النبات بكمية اقل من الكالسيوم مقارنة بالتربة الاولى وذلك لاحتياج التربة ذات السعة التبادلية الكاتيونية العالية الى كمية اكبر من الكالسيوم لاشباعها .

٢ – نوعية الطين : ان معادن الطين من نوع 2:1 تحتاج الى كمية كبيرة من الكالسيوم حتى تصل الى درجة التشبع مثل معدن المونتموريلنيت الذي يحتاج الى ٧٠٪ نسبة تشبع بعنصر الكالسيوم حتى يمكن ان يزود النبات بالكالسيوم . اما معادن الطين من نوع 1:1 فتحتاج الى نسبة تشبع ٤٠ – ٥٠ ٪ من الكالسيوم حتى تبدأ التربة بتجهيز النبات بالكالسيوم . ومن هذا يتضح بان الترب التي تسود بها معادن الطين من نوع 1:1 تكون قابليتها التجهيزية بالكالسيوم اكبر من قابلية الترب التي يسود بها معادن الطين من نوع 2:1 .

٣ – رطوبة التربة : تزداد جاهزية الكالسيوم في التربة بوجود محتوى جيد من الرطوبة في التربة . في الترب الرطبة تقل نسبة الكالسيوم لازدياد عمليات فقد هذا العنصر بالغسل ، ويحل الالمنيوم والهيدروجين محل الكالسيوم على سطوح حبيبات التربة ، وبذلك تقل كمية الكالسيوم الجاهز للنبات ، وتعالج هذه الحالة باضافة مادة الجير والجبس لمثل هذه الترب لسد النقص بعنصر الكالسيوم الذي يحتاجه النبات لاكمال دورة نموه وفعالياته الحيوية . في الترب الجافة وشبه الجافة توجد نسب عالية من الكالسيوم وذلك لقلة الامطار وقلة الفقد عن طريق عملية غسل التربة .

7.3 الكالسيوم واستصلاح التربة

بالنظر الى الدور الذي يؤديه الكالسيوم في تكوين بناء التربة وتحسين صفاتها من حيث التهوية وتجمع الحبيبات وقابلية التربة على الاحتفاظ بالماء ، ودرجة تفاعلها والدور

الذي تؤديه في جاهزية العناصر الغذائية ، فان الكالسيوم يستعمل في استصلاح الترب الحامضية والاترية القلوية ذات المحتوى العالي من ايون الصوديوم. ان الترب الحامضية تعاني من نقص عنصر الكالسيوم بسبب زيادة معدل عملية غسل مقد التربة نتيجة سقوط الامطار بكميات كبيرة. وان سقوط الامطار يؤدي الى غسل مقد التربة من الكاتيونات القاعدية التي من ضمنها الكالسيوم بابعاده الى خارج محور الامتصاص لجذور النبات. وهذا يؤدي الى انخفاض درجة تفاعل التربة نتيجة زيادة ايونات الهيدروجين والالمنيوم على سطوح التبادل للتربة وسيودية ايون الهيدروجين في محلول هذه الاترية الحامضية لذلك فان الكالسيوم يضاف الى الترب الحامضية في صورة كاربونات الكالسيوم أو دولومايت من اجل :

١ - سد نقص التربة بعنصر الكالسيوم او المغنيسيوم لتجهيز النبات بالكمية التي يحتاجها من هذه العناصر لاكمال دورة حياته.

٢ - رفع درجة تفاعل التربة وتقليل درجة الحامضية وذلك باستبدال أيونات الهيدروجين والألمنيوم السائدة في محلول التربة وسطوح التبادل بعنصر الكالسيوم كما في المعادلات الآتية :

$$CaCO_3 + H_2O \longrightarrow Ca^{2+} + HCO_3 + OH^-$$

	H H			Ca	
K	غرويات التربة	$+ CaCO_3 + H_2O \longrightarrow$	K	غرويات التربة	$+ H^+$
	Ca Mg			Ca Mg	

$$H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$$

٣ - تقليل جاهزية عدد من العناصر السامة للنبات بسبب زيادة تركيزها مثل الالمنيوم.

٤ - تحسين تركيب وبناء التربة.

٥ - زيادة نشاط طائفة من الكائنات الحية الدقيقة.

لهذا فأن مادة كاربونات الكالسيوم (lime) تضاف بكميات كبيرة الى ترب المناطق الرطبة (الترب الحامضية) من اجل استصلاحها للحصول على تربة جيدة ملائمة لنمو النبات لزيادة الانتاج الزراعي.

في الترب القلوية التي يسود فيها أيون الصوديوم يضاف الكالسيوم في صورة كبريتات الكالسيوم (الجبس) من أجل خفض درجة تفاعل هذه الترب، وذلك لكون درجة تفاعلها أعلى من ٨,٥ حيث تؤثر تأثيراً سلبياً في جاهزية العناصر الغذائية. الترب القلوية

تعاني من رداءة بنائها وتركيبها حيث يعمل الصوديوم على تفريق حبيبات التربة وجعلها ذات بناء صلد ذات مسامية قليلة فتقل بذلك تهوية التربة ويقل معدل احتفاظها بالماء وينخفض نشاط الكائنات الحية الدقيقة فيها ويضعف نمو النبات النامي فيها . لذلك فأن اضافة كبريتات الكالسيوم الى مثل هذه الترب يؤدي الى احلال الكالسيوم محل الصوديوم السائد على سطوح التبادل وفي محلول التربة ويسبب ذلك خفض PH التربة وتحسين الصفات الكيمياوية والفيزياوية .

7.4 كالسيوم النبات

ان عنصر الكالسيوم من العناصر الغذائية الضرورية لنمو معظم النباتات ويلعب دوراً كبيراً في كثير من العمليات الحيوية التي يقوم بها النبات ويمكن تلخيص الدور الذي يقوم به الكالسيوم للنبات بالنقاط الآتية :

١ – يدخل بتركيب الجدر الخلوية على شكل بيكتات الكالسيوم وهو يساعد على نمو الخلايا وزيادة أطوالها ويؤثر بذلك في تطور الخلايا المرستيمية .

٢ – يؤدي الكالسيوم دوراً كبيراً وضرورياً في الأغشية الحيوية للخلية النباتية . إن نقص الكالسيوم يضعف من نفاذية الأغشية الخلوية وتصبح أكثر نضوحاً وهذا يؤدي الى تحطم تركيب الأغشية وانتشار المركبات غير العضوية والمركبات العضوية الى خارج الخلية .

٣ – يساعد الكالسيوم في تكون بروتينات النبات وذلك عن طريق زيادة كمية النترات الممتصة من لدن النبات عند إضافة الأسمدة الحاوية على النيتروجين بصورة نترات .

٤ – تكوين العقد الجذرية وتثبيت النيتروجين الجوي من لدن النباتات البقولية يحتاج الى كمية مناسبة من الكالسيوم .

٥ – يعمل منشطاً ومساعداً في عمل الانزيمات مثل α – amylase في نبات الشعير وأنزيم phospholipase في نباتات اللهانة والجزر وغيرها من الأنزيمات ATPases .

٦ – ان نقص الكالسيوم يشجع انتشار الأمراض النباتية مثل مرض bitter pit (أنسجة ميتة على سطح الثمرة) على التفاح ، ومرض blossom end rot على ثمار الطماطة .

٧ – يؤدي الكالسيوم دوراً مهماً في منع حدوث عملية انفصال أجزاء من النبات عن النبات abscission وهذه الحالة هي مشكلة خاصة في انتاج القطن حيث يحدث عن طريقها فقدان الأزهار المكتملة النمو والثمار الحديثة التكوين ، وكذلك يؤخر الكالسيوم حصول هرم الاوراق leaf senescence .

٨- نمو حبوب اللقاح تكون حساسة من حيث الاستجابة للتجهيز غير الكامل من الكالسيوم.

ان محتوى النبات من عنصر الكالسيوم يختلف باختلاف نوعية النبات وعمره. ان النباتات ذوات الفلقة الواحدة تحتوي على كمية أقل من الكالسيوم مقارنة بالنباتات ذوات الفلقتين (الجدول ٣٨). إن السبب في هذا الاختلاف غير واضح لحد الآن ولقد اصبح في موضع شك الاعتقاد السائد الذي يؤكد ان النباتات ذوات الفلقتين تمتص كالسيوم أكثر من ذوات الفلقة الواحدة، وذلك بسبب السعة التبادلية العالية للجذور. ولكن يعتقد الآن بأن الاختلاف بالمحتوى يعود الى الاختلاف في نفاذية الأغشية الحيوية للكالسيوم من حيث تأثير عمر النبات. فلقد أثبتت الدراسات بأن محتوى النبات من الكالسيوم يزداد بازدياد عمر النبات. بالاضافة الى ماذكر فأن شكل التغذية بالنيتروجين يؤثر في محتوى النبات من الكالسيوم، ذلك ان النباتات التي غذيت بالنترات بصورة عامة تحتوي على كالسيوم أكثر من النباتات التي غذيت بالامونيوم.

الجدول (٣٨) محتوى النباتات البقولية وغير البقولية من عنصر الكالسيوم والمغنيسيوم.
(Thompson and Troeh 1982)

المحصول	الكالسيوم	المغنيسيوم
	كغم / ١٠٠٠كغم	مادة جافة
النباتات البقولية		
الجت	١٣,٩١	٣,٥٥
البرسيم	١١,٤٢	٢,٧٠
فول الصويا	١٢,٢٩	٣,٨٨
النباتات غير البقولية		
الذرة	٢,٢٤	٠,٨٦
الشوفان	١,٦٥	٠,٩٨
الحنطة	١,٤٥	٠,٨٧

7.5 أعراض نقص الكالسيوم

ان عنصر الكالسيوم من العناصر الغذائية غير المتحركة داخل النبات وبذلك فأنه لاينتقل من الاجزاء الناضجة الى الأجزاء النباتية النامية وهو بذلك عكس البوتاسيوم. لهذا فأن أعراض نقص الكالسيوم يمكن ان تلاحظ أولاً على نهايات النبات والأوراق الحديثة حيث يظهر الاصفرار والتشوه في المراحل الأولى لنقص العنصر وفي المراحل المتقدمة لهذا النقص يظهر تبقع وموت الأنسجة في حافات الأوراق.

يشير (Bennett 1993) بان التراكيز الملائمة لعنصر الكالسيوم في ورقة عرنوص الذرة الصفراء عند تكوينه لاعطاء نموجيد هي ٠,٢٪ - ١,٠٪ اما عند مرحلة تكوين الورقة الثالثة او الرابعة للنبات فان التراكيز الملائمة من هذا العنصر في النبات ككل لغرض التحليل النباتي هي ٠,٩٪ - ١,٦٪. اما في نبات الذرة البيضاء (Sorghum) فان التراكيز الخاصة بعنصر الكالسيوم التي تشير الى حالة النقص او الحد الحرج عند تحليل الانسجة النباتية للاوراق والنبات ككل عند مرحلة البادرات كمرحلة نمو النبات هي ٠,٢٪ - ٠,٤٪، اما التراكيز العالية والتي هي فوق حاجة النبات فهي اعلى من ٦٪ عند مرحلة البادرات ايضاً. والتراكيز الحرجة والاعتيادية لعنصر الكالسيوم في نبات قصب السكر عند تحليل نصل اعلى ورقة النبات هي على التوالي ٠,٢٠٪ و ٠,٢٠٪ - ٠,٤٥٪، بالنسبة لنبات البنجر السكري فان التراكيز الحرجة والتراكيز التي تشير الى حالة النقص والملائمة لعنصر الكالسيوم في نصل الاوراق هي على التوالي ٠,٥٪ و ٠,١٪ - ٠,٤٪ و ٠,٤٪ - ١,٥٪، وفي نبات فستق الحقل فان الحد الحرج من عنصر الكالسيوم في الاوراق هو ٠,٥٪.

اما بالنسبة لنباتي الخيار والرقي فان المستوى الملائم من عنصر الكالسيوم في اوراق النبات الكامل النضج هو ١,٠٪ - ٢,٠٪، وفي نبات البصل فان المستوى الملائم من عنصر الكالسيوم هو ٠,٥٢٪.

وعند تحليل اوراق نبات الطماطة عند مرحلة تكوين الثمار فان التراكيز الملائمة وتراكيز حالة النقص لعنصر الكالسيوم هي على التوالي اعلى من ٣,٠٪ واقل من ١,٠٪. وفي نبات الفاصوليا فان التراكيز الملائمة لعنصر الكالسيوم عند تحليل الورقة كاملة النضج قبل تكوين الازهار هي ٠,٣٥٪ - ٢,٠٪ وفي نبات البطاطا فان تراكيز حالة الحد الحرج وحالة النقص لعنصر الكالسيوم في نصل اوراق النبات هي على التوالي ٠,١٥٪ و٠,٠٥ - ٠,١٥٪.

اما بالنسبة للمحاصيل البستنية المثمرة فان التراكيز الاعتيادية وتراكيز حالة النقص لعنصر الكالسيوم في اوراق اشجار التفاح هي على التوالي ١,٥ - ٢,٠ ٪ واقل من ٠,٧ ٪ وفي اوراق اشجار الكمثرى هي على التوالي ١,٠ - ٣,٧ ٪ واقل من ٠,٧ ٪ وفي اشجار الحمضيات فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر الكالسيوم في اوراق هذه الاشجار هي على التوالي اقل من ٢,٦ ٪ و ٢,٦ - ٥,٠ ٪ . وفي اوراق اشجار الخوخ والنكتارين ، فان التراكيز الملائمة لعنصر الكالسيوم هي اعلى من ١,٠ ٪ .

اما تراكيز حالة النقص الشديد والنقص الخفيف والتراكيز الملائمة وتراكيز الزيادة الخفيفة والزيادة الشديدة في نبات العنب عند تحليل نصل الاوراق للتحري عن عنصر الكالسيوم هي على التوالي اقل من ٢ ٪ و ٢ - ٢,٥ ٪ و ٢,٥١ - ٣,٥٠ ٪ و ٣,٥١ - ٣٧٠ ٪ واعلى من ٣,٧٠ ٪ .

7.6 أسمدة الكالسيوم

ان من أهم الأسمدة الحاوية على الكالسيوم هي :

١ - الجير (كاربونات الكالسيوم)

يعد هذا السماد أكثر الأسمدة الحاوية على الكالسيوم انتشاراً واستعمالاً في الزراعة ويحتوي على ٣٦ ٪ من الكالسيوم . يصنع هذا السماد من تفاعل أوكسيد الكالسيوم مع الماء فيتكون هيدروكسيد الكالسيوم الذي يتفاعل بدوره مع ثاني أوكسيد الكربون فتتكون كاربونات الكالسيوم كما في المعادلات الآتية :

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$$

٢ - الجير المحروق Burned lime

يحتوي هذا السماد الجير المحروق (CaO) على ٧٠ ٪ من الكالسيوم . يصنع هذا السماد من حرق الكاربونات عند درجة حرارة ١١٠٠ درجة مئوية ، فتفقد بذلك ثاني أوكسيد الكربون وينتج الجير المحروق أو مايسمى بالجير الحي ، كما في المعادلة الآتية :

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$$

هذا السماد قليل الاستعمال لغلاء ثمنه .

٣ – الجير المطفؤ Hydrated lime

ان الجير المطفؤ يعرف بال Sliked lime ويحتوي هذا السماد على ٥٠٪ كالسيوم. ينتج هذا السماد من اتحاد الماء مع أوكسيد الكالسيوم وهو سماد سريع التفاعل داخل التربة. قليل الاستعمال والانتشار لغلاء ثمنه.

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

٤ – الدولومايت Dolomitic lime

ان سماد الدولومايت $CaCO_3.MgCO_3$ مسحوق ذو لون بين الأبيض والرمادي ويضم هذا السماد عنصري الكالسيوم والمغنيسيوم. ويحتوي على ١٧٪ كالسيوم و ١٢٪ مغنيسيوم.

٥ – هناك أسمدة أخرى لعنصر الكالسيوم ومن هذه الأسمدة

أ – Basic slag $(CaO)_5.P_2O_5.SiO_2$ يحتوي على ٢٩٪ كالسيوم

ب – الجبس $CaSO_4.2H_2O$ يحتوي على ٢٢٪ كالسيوم

جـ – نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2.2H_2O$ يحتوي على ٢٠٪ كالسيوم

د – السوبر فوسفات الاعتيادي $Ca(H_2PO_4)_2.\ CaSO_4$ يحتوي على ٢٠٪ كالسيوم

هـ – السوبر فوسفات الثلاثي $Ca(H_2PO_4)_2$ يحتوي على ١٣٪ كالسيوم

و – الصخور الفوسفاتية $Ca_5(PO_4)_3.F$ يحتوى على ٣٣٪ كالسيوم

ز – كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ يحتوي على ٣٦٪ كالسيوم

7.7 ملاحظات حول استعمال أسمدة الكالسيوم

١ – في الترب التي تعاني من نقص عنصر الكالسيوم ولا يراد رفع درجة تفاعلها بل هناك حاجة لتحسين تركيبها، فأنه ينصح باضافة أسمدة الكالسيوم المتعادلة الى مثل هذه الترب (الترب المتأثرة بالملوحة وللحاوية على كميات عالية من الصوديوم) ومن هذه الاسمدة المتعادلة الجبس الذي يضاف لازاحة الصوديوم واحلال الكالسيوم محله على سطوح التبادل.

٢ – ينصح باضافة مادة الدولومايت الى الترب الحامضية التي تعاني من نقص المغنيسيوم اضافة الى نقص الكالسيوم لاحتواء هذه المادة على عنصري الكالسيوم والمغنيسيوم.

٣- أسمدة الكالسيوم CaO و $Ca(OH)_2$ ذات تأثير سريع مقارنة بكاربونات الكالسيوم بسبب درجة ذوبانها العالية.

٤- أسمدة الكالسيوم الناعمة تتفاعل بدرجة أسرع من المواد الخشنة بسبب كبر مساحتها السطحية.

٥- الترب ذات النسجة الناعمة أي الغنية بمعادن الطين تحتاج الى كميات أكبر من أسمدة الكالسيوم مقارنة بالترب ذات النسجة الخشنة وذلك عندما يراد تصحيح درجة تفاعل التربة.

٦- لاينصح باضافة أسمدة الكالسيوم مع أسمدة النيتروجين الحاوية على الأمونيوم لأن التغير بدرجة تفاعل التربة نتيجة اضافة عنصر الكالسيوم يؤدي الى تحول الأمونيوم الى أمونيا لاتلبث أن يفقد جزء منها بعملية التطاير.

$$NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O + NH_3 \uparrow$$

٧- يمكن اضافة أسمدة الكالسيوم في أي وقت من السنة بشرط توفر محتوى رطوبي جيد بالتربة.

الفصل الثامن

8.0 المغنيسيوم

8.1 مغنيسيوم التربة ومصادره

يعد عنصر المغنيسيوم من العناصر الغذائية الضرورية والأساس في خصوبة التربة وتغذية النبات ، وان محتوى قشرة الأرض من هذا العنصر تقدر بحوالي ١,٩٣٪ . وكما هي الحال بالنسبة للكالسيوم ، فأنه يوجد تباين بين محتوى الأترية من هذا العنصر ، إذ يقدر محتوى الترب الرملية من هذا العنصر بما يقارب ٠,٠٥٪ ، في حين يقدر محتوى الاترية الطينية بما يقارب ٠,٥٪ ، وقد يصل بترب اخرى الى ١,١٪ . ان محتوى الصخور القاعدية من المغنيسيوم عال ، في حين يكون محتوى الصخور النارية الحامضية والصخور الرسوبية واطئاً . ان مصادر مغنيسيوم التربة يمكن تقسيمها الى :

١ – **المعادن الاولية** : من أهم المعادن الاولية الحاوية على المغنيسيوم هي البيوتيت ، الهورنبلند والاولفين $[(Mg,Fe)_2SiO_4]$ ومعدن ال Serpentine .

٢ – **المعادن الثانوية** : من اهم المعادن الثانوية التي تحتوي على المغنيسيوم وتعد مصدراً لها هي معادن الطين الكلورايت ، والفورميكوليت ، والالايت والمونتمورولنيت . اضافة الى هذه المصادر يوجد المغنيسيوم في الترب على صورة كبريتات وكربونات المغنيسيوم ، والمصدر الآخر للمغنيسيوم هو المغنيسيوم الذي يضاف الى التربة مع الأسمدة الكيمياوية .

ويحدث للمغنيسيوم المتحرر من هذه المعادن نتيجة عمليات التجوية وعمليات كيمياوية اخرى داخل التربة الى محلول التربة ، مايأتي :

١ – يفقد من التربة بعمليات غسيل التربة نتيجة سقوط الامطار الغزيرة .
٢ – يمتصه النبات والكائنات الحية الاخرى .
٣ – يدمص على سطوح حبيبات معادن الطين .
٤ – يترسب من محلول التربة على شكل معادن ثانوية .

ان مغنيسيوم التربة يوجد على ثلاثة أشكال بصورة متوازنة، وهذه الأشكال هي: الذائب في محلول التربة، والمتبادل على سطوح معادن الطين والمادة العضوية والشكل الثالث هو المغنيسيوم المثبت. إن كلاً من المغنيسيوم الذائب والمتبادل تكون جاهزة ومتيسرة لامتصاص النبات له. الجزء الأكبر من مغنيسيوم التربة يوجد بشكل غير متبادل (مثبت) في المعادن الأولية والثانوية، والمغنيسيوم المتبادل يشكل تقريباً ٥٪ من المغنيسيوم الكلي للتربة، والذائب يكون أقل من هذا بكثير.

8.2 العوامل التي تؤثر في محتوى التربة من المغنيسيوم

ان العوامل التي تؤثر في محتوى التربة من المغنيسيوم الكلي تؤثر بدورها في محتوى التربة من المغنيسيوم الجاهز لامتصاص النبات له، ومن أهم هذه العوامل:

١ – **نوعية التربة**: ان لنوعية التربة دوراً كبيراً في محتواها من المغنيسيوم حيث وجد بأن محتوى الأتربة ذات النسجة الخشنة في المناطق الرطبة من المغنيسيوم عادة قليل ويقدر المغنيسيوم الكلي فيها ١٪ بينما محتوى الأتربة ذات النسجة الناعمة في نفس المناطق من المغنيسيوم الكلي أكثر من ١٪. لقد أثبتت الدراسات بأن الترب المشتقة من الصخور الرسوبية الرملية تكون فقيرة من حيث محتواها من المغنيسيوم الكلي. بصورة عامة اتضح بأن المغنيسيوم الجاهز أي الذائب والمتبادل في الترب يزداد بزيادة نسبة الطين أو الطين مضافاً اليه الغرين، إذ وجد بأن محتوى الترب الرملية من المغنيسيوم اقل من محتوى الترب المزيجية التي بدورها يكون محتواها أقل من الترب الطينية. وهذا يعود الى اختلاف مادة الأصل من حيث محتواها من المغنيسيوم ومقدرة التربة على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية الكاتيونية أي السعة التبادلية الكاتيونية.

٢ – **المادة العضوية**: ان محتوى التربة ذات المحتوى العالي من المادة العضوية من المغنيسيوم الكلي أعلى من التربة المحتوية على نسبة منخفضة من المادة العضوية وهذا يعود الى ان تجمع المادة العضوية على سطح التربة يزيد من حفظ التربة للمغنيسيوم في الطبقة السطحية مما يزيد من كمية المغنيسيوم الجاهز للنبات. ان قابلية الاتربة المحتوية على كميات عالية من المادة المتحللة جزئياً وغير المتحللة على تثبيت المغنيسيوم أقل من قابلية الترب الفقيرة بالمادة العضوية.

٣- **درجة تفاعل التربة** : ان الاتربة الحامضية تسود في المناطق الرطبة ذات الامطار الغزيرة ومن هذا وجد بان لدرجة تفاعل التربة دوراً كبيراً في مقدار ماتحتويه الترب من المغنيسيوم ومدى جاهزيته ، اذ وجد من البحوث والدراسات بان الترب الحامضية والرملية في المناطق التي تكون فيها كمية الامطار متوسطة الى عالية تعاني من نقص المغنيسيوم بسبب عمليات فقد هذه الترب للمغنيسيوم من مقد التربة بوساطة عمليات الغسل بالامطار الغزيرة.

٤- ان جاهزية المغنيسيوم لامتصاص النبات له ، تتأثر بتركيز الكاتيونات الاخرى في محلول التربة فمثلاً زيادة تركيز البوتاسيوم والكالسيوم في محلول التربة يقلل من عملية امتصاص المغنيسيوم لحصول عملية التضاد والتزاحم على جهات الامتصاص. والترب ذات السعة التبادلية الكاتيونية الواطئة ربما تتعرض الى مشاكل ترتبط بالتضاد الذي يحصل بين البوتاسيوم والمغنيسيوم في ظروف المستويات العالية من البوتاسيوم. فالسعة التنظيمية الواطئة لمثل هذه الترب ربما ينتج عنها وجود جزء كبير من العناصر الغذائية في محلول التربة.

8.3 مغنيسيوم النبات

ان كمية المغنيسيوم التي يمتصها النبات هي بصورة عامة اقل من كميات الكالسيوم او البوتاسيوم، وان محتوى النبات من المغنيسيوم يكون في المعتاد بمعدل ٠,٥٪ من المادة الجافة. ان محتوى النبات من المغنيسيوم يعتمد بصورة مباشرة على كميته الجاهزة في التربة، ولقد اكدت البحوث بان زيادة محتوى التربة من المغنيسيوم الجاهز يؤدي الى زيادة الكمية التي يمتصها النبات فيه. والجدول (٣٩) يوضح محتوى نباتات مختلفة من عنصر المغنيسيوم.

يؤدي المغنيسيوم دوراً كبيراً ومباشراً في العديد من العمليات الحيوية للنبات وذلك اما عن طريق اشتراكه في تركيب عدد من المواد النباتية او اشتراكه او تحفيزه للوظائف الحيوية. ويمكن تلخيص الدور الذي يؤديه المغنيسيوم بالنقاط الآتية:

١- يعد جزءاً مهماً من مادة الكلوروفيل وهو المفتاح المعدني لهذه المادة ، اذ ان كل جزيئة كلوروفيل تحتوي على ذرة واحدة من المغنيسيوم. وبهذا يشكل المغنيسيوم مايقارب ٢,٧٪ من وزن جزيئة الكلوروفيل. ومن هذا يتضح ايضاً اهمية الدور الذي يؤديه المغنيسيوم في عملية التركيب الضوئي التي اساسها كلوروفيل النبات.

الجدول (٣٩) محتوى نباتات مختلفة من عنصر المغنيسيوم

النبات	المغنيسيوم %
الاجزاء العليا لمحاصيل الحبوب	٠,١ - ٠,٤
الاجزاء العليا للحشائش	٠,١ - ٠,٤
الاجزاء العليا لنباتات القطن فول الصويا والجت	٠,٣ - ٠,٦
اوراق التبغ	١,٠
بذور القطن وفستق العبيد	٠,٣
بذور الشعير، والشوفان والرز	٠,١

٢ - يعد عنصر المغنيسيوم ضرورياً في تكوين السكريات داخل النبات.

٣ - يعمل هذا العنصر بمثابة ناقل لعنصر الفسفور داخل النبات وينشط معظم الانزيمات المشتركة في تفاعلات الفسفور وخاصة الانزيمات التي تشترك في تحلل وتكون الكاربوهيدرات. كذلك يساعد عنصر المغنيسيوم على تنشيط ال ATP_{ase} من حيث علاقتها بعنصري البوتاسيوم والصوديوم.

٤ - يحفز تكون الدهون النباتية ويدخل في تركيب البذور.

٥ - يؤدي دوراً كبيراً في انتقال وتوزيع النشاء.

٦ - نقص المغنيسيوم يوقف تكون البروتينات النباتية وهذا لايعود الى عدم تكون الاحماض الامينية بل يعود الى انفصال وعدم ثبوتية جزيئات الرايبوسومات (التي تحفز تكوين الببتيدات المتعددة من الاحماض الامينية الحرة. والرايبوسومات تكون متصلة او مرتبطة بالشبكة الاندوبلازمية داخل الخلية النباتية) ويظهر بان المغنيسيوم يعمل على ثبوتية الرايبوسومات بشكل يكون ضرورياً لتكوين البروتينات.

فيتضح مما ذكر الدور الذي يقوم به المغنيسيوم في عمليات البناء النباتي. وهذا يفسّر بأن وجود مستويات ملائمة من هذا العنصر لنمو النبات يؤدي الى زيادة نموه وزيادة الانتاج.

8.4 اعراض نقص المغنيسيوم

يمتص النبات المغنيسيوم على شكل ايون المغنيسيوم Mg^{2+} وهو عنصر سهل الانتقال داخل النبات حيث ينتقل من الاجزاء القديمة الناضجة الى الاجزاء النامية ، ولهذا فان اعراض نقص العنصر تظهر اولاً على الاوراق القديمة وينتقل بعد ذلك الى الاوراق الحديثة التكوين . واعراض نقص المغنيسيوم في النباتات ذوات الفلقتين هي ان الورقة تكون صلبة متيبسة سريعة الانكسار والعروق الوسطية تكون ملتوية ويظهر اللون الاصفر، وعند النقص الشديد يظهر موت موضعي للانسجة . في نباتات ذوات الفلقة الواحدة يظهر اولاً على قاعدة الورقة بقع صغيرة ذات لون اخضر داكن وهذا مخالف للون الورقة الاصفر الشاحب ، وعند النقص الشديد يعم اللون الاصفر الورقة وتكون مخططة ، والموت الموضعي للانسجة يحصل بصورة خاصة في نهاية الورقة .

يشير (Bennett 1993) بان التراكيز الملائمة لعنصر المغنيسيوم في ورقة عرنوص الذرة الصفراء عند تكوينه لاعطاء نمو جيد هي ٠,٢ ٪ - ٠,٦ ٪ اما عند مرحلة تكوين الورقة الثالثة أو الرابعة للنبات فان التراكيز الملائمة من هذا العنصر في النبات ككل لغرض التحليل النباتي هي ٠,٣ ٪ - ٠,٨ ٪ اما في نبات الذرة البيضاء (Sorghum) فان التراكيز الخاصة بعنصر المغنيسيوم التي تشير الى حالة النقص او الحد الحرج عند تحليل الانسجة النباتية للاوراق والنبات ككل عند مرحلة البادرات كمرحلة نمو النبات هي اقل من ٠,٢ ٪ اما عند مرحلة ملىء الحبوب فهي ٠,٠٨ ٪ - ٠,١٢ ٪ وذلك عند تحليل الاوراق فقط ، اما التراكيز العالية والتي هي فوق حاجة النبات فهي اعلى من ٠,٨ ٪ لمرحلة البادرات واعلى من ٠,٥ ٪ لمرحلة ملئ الحبوب .

والتراكيز الحرجة والاعتيادية لعنصر المغنيسيوم في نبات قصب السكر عند تحليل نصل اعلى ورقة من النبات هي على التوالي ٠,١٢ ٪ و ٠,١٥ ٪ - ٠,٣٢ ٪ ، وبالنسبة لنبات البنجر السكري فان التراكيز التي تشير الى حالة النقص والملائمة لعنصر المغنيسيوم في نصل الاوراق هي على التوالي ٠,٠٢٥ ٪ - ٠,٠٥٠ ٪ و ٠,١٠ ٪ - ٢,٥٠ ٪ ، وفي نبات فستق الحقل فان الحد الحرج من عنصر المغنيسيوم في الاوراق هو ٠,٢٥ ٪ .

اما بالنسبة لنباتي الخيار والرقي فان المستوى الملائم من عنصر المغنيسيوم في اوراق النبات الكامل النضج هو ٠,٣ ٪ - ٠,٦ ٪ ، وفي نبات البصل فان المستوى الملائم من عنصر المغنيسيوم هو ٠,٣٧ ٪ .

وعند تحليل اوراق نبات الطماطة عند مرحلة تكوين الثمار فان التراكيز الملائمة وتراكيز حالة النقص لعنصر المغنيسيوم هي على التوالي اعلى من ٠,٤٢٪ واقل من ٠,٣٪ وفي نبات الفاصوليا فان التراكيز الملائمة لعنصر المغنيسيوم عند تحليل الورقة كاملة النضج قبل تكوين الازهار هي ٠,٢٥٪ - ١,٠٪ ، وفي نبات البطاطا فان تراكيز حالة الحد الحرج وحالة النقص لعنصر المغنيسيوم في نصل اوراق النبات هي على التوالي ٠,٠٩٪ و ٠,٠٤٪ - ٠,٠٩٪.

اما بالنسبة للمحاصيل البستنية المثمرة فان التراكيز الاعتيادية وتراكيز حالة النقص لعنصر المغنيسيوم في اوراق اشجار التفاح هي على التوالي ٠,٣ - ٠,٧٪ واقل من ٠,٢٪ وفي اوراق اشجار الكمثرى هي على التوالي ٠,٢٥ - ٠,٩٠٪ واقل من ٠,٢٥٪.

وفي اشجار الحمضيات فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر المغنيسيوم في اوراق هذه الاشجار هي على التوالي اقل من ٠,١٩٪ و ٠,١٩٪ - ٠,٥٪. وفي اوراق اشجار الخوخ والنكتارين فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر المغنيسيوم هي على التوالي اقل من ٠,٢٥٪ واعلى من ٠,٢٥٪.

اما تراكيز حالة النقص الشديد والنقص الخفيف والتراكيز الملائمة وتراكيز الزيادة الخفيفة والزيادة الشديدة في نبات العنب عند تحليل نصل الاوراق للتحري عن عنصر المغنيسيوم هي على التوالي اقل من ٠,٢٠٪ و ٠,٢١ - ٠,٢٣٪ و ٠,٢٤ - ٠,٢٧٪ و ٠,٢٨ - ٠,٥٠٪ واعلى من ٠,٥٠٪.

8.5 المغنيسيوم وعلاقته بمرض ال Grass tetany

ان مرض ال Grass tetany او ال Hypomagnesaemia كما هو معروف عند المختصين بامراض الحيوان نوع من الاضطراب الحيوي في صفات الحيوانات المجترة يحدث في الفصل الربيعي من السنة خلال رعي هذه الحيوانات الحشائش والاعلاف النامية في الجو البارد. ان من اهم الاعراض التي تظهر على الحيوانات عند الاصابة بهذا المرض هو تشنج في العضلات الليفية وسير غير طبيعي وانخفاض في مقدرة الحيوان على انتاج الحليب. ومن اسباب حدوث هذا المرض انخفاض مستوى المغنيسيوم في مصل دم الحيوانات المجترة الناتج عن عدم تغذية الحيوانات على نباتات علفية ذات محتوى متوازن من العناصر الغذائية وهذا بدوره يعود الى عدم وجود توازن ايوني في الاترية التي تزرع او تنمو فيها النباتات العلفية. هذا المرض يمكن ان يحصل عندما يكون تركيز المغنيسيوم في

مصل دم الحيوان اقل من ٢,٠٪ وقيمة النسبة $\frac{K}{Ca+Mg}$ في عليقة الحيوان اكثر من ٢,٢ ، وكذلك قيمة النسبة $\frac{K+Ca}{Mg}$ في عليقة الحيوان اكثر من ٥,٢ تعتبر مؤشر لحدوث المرض. والترب التي تكون فيها العلاقة بين المغنيسيوم المتبادل والسعة التبادلية الكاتيونية $\frac{Ex.Mg}{CEC}$ تشارك باحداث المرض عندما يكون ناتجها اقل من ١٥٪ وذلك بسبب قلة محتواها من المغنيسيوم الجاهز للامتصاص من لدن النبات.

ان ترب المناطق الجافة وشبه الجافة يمكن ان تعاني من هذا المرض في حالة زيادة تركيز الكالسيوم والبوتاسيوم فيها حيث تؤدي هذه العناصر الى مزاحمة المغنيسيوم على جهات الامتصاص وتؤدي الى قلة امتصاص النباتات العلفية النامية فيها للمغنيسيوم. والدراسات التي أجريت في قسم علوم التربة- بكلية الزراعة والغابات في جامعة الموصل من قبل الباحث سعدالله النعيمي وجماعته لمناطق المسيجات العلفية توصلت الى انه يمكن ان تكون ظروفاً ملائمة لحصول مثل هذا المرض في المنطقة الشمالية من القطر وخاصة في مناطق الحضر ودهوك والبعاج واربيل (مناطق المسيجات الطبيعية)، وذلك لزيادة تركيز كل من البوتاسيوم والكالسيوم في ترب هذه المناطق بحيث تؤدي الى مزاحمة المغنيسيوم في عملية الامتصاص.

ان الاساليب العلاجية عديدة لمنع اصابة الحيوانات المجترة بهذا المرض ومن هذه الطرق تسميد المراعي العلفية بالمغنيسيوم واختيار سلالات من النباتات البقولية تنمو في بداية موسم الربيع ولها القابلية على تجميع المغنيسيوم وهناك طرق اخرى منها رش أوراق المحاصيل العلفية التي تعاني من نقص المغنيسيوم بمحلول كاربونات المغنيسيوم الكلسية او كبريتات المغنيسيوم او اضافة المغنيسيوم المركز الى عليقة الحيوان. كذلك يمكن اضافة المغنيسيوم عن طريق فم الحيوان باستخدام مسحوق MgO بمعدل ٧- ١٥ غم MgO / يوم أو استخدام عقاقير اخرى تحتوي على المغنيسيوم تعطى للحيوان عن طريق الفم أو زرق الابر.

8.6 اسمدة المغنيسيوم

من اسمدة المغنيسيوم المهمة والواسعة الانتشار لمعالجة نقص المغنيسيوم في التربة اضافة الى معالجة نقص الكالسيوم ودرجة تفاعل التربة هو سماد الدلومايت الذي يعد اكثر الاسمدة استعمالاً وارخصها ثمناً. وفيما يأتي أهم اسمدة المغنيسيوم :

الدلومايت	$CaCO_3.MgCO_3$	نسبة المغنيسيوم فيه ١٢٪
اوكسيد المغنيسيوم	MgO	نسبة المغنيسيوم فيه ٤٥٪
فوسفات الامونيوم- المغنيسيوم	$MgNH_4PO_4.H_2O$	نسبة المغنيسيوم فيه ١٤,٨٪
الكيسيرايت	$MgSO_4.H_2O$	نسبة المغنيسيوم فيه ١٨,٢٪
كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4.7H_2O$	نسبة المغنيسيوم فيه ١٠,٥٪
Langbeinite	$K_2SO_4.2MgSO_4$	نسبة المغنيسيوم فيه ١١,٢٪
كاربونات المغنيسيوم	$MgCO_3$	نسبة المغنيسيوم فيه ٢٧٪

هناك عدد من الملاحظات المهمة عن اسمدة المغنيسيوم يجب ملاحظتها والعمل بها وهي :

١- تعد اسمدة المغنيسيوم الحاوية على الكبريتات اسرع تأثيراً من اسمدة المغنيسيوم الحاوية على الكاربونات ولكنها اعلى سعراً.

٢- في الترب الحامضية ينصح باضافة الدولومايت ، في حين في الترب المتعادلة ينصح باضافة كبريتات المغنيسيوم.

٣- فوسفات الامونيوم- المغنيسيوم ينصح باستعمالها لنباتات البستنة وخاصة النباتات صغيرة العمر والحساسة لاشكال المغنيسيوم الأخرى.

الفصل التاسع

9.0 الكبريت

9.1 الكبريت ودورة الكبريت في التربة

يعد الكبريت احد العناصر الغذائية المهمة الضرورية للنبات. ويقدر محتوى قشرة الأرض من هذا العنصر بحوالي ٠,٠٦٪ ويوجد على شكل عضوي وغير عضوي ولكن في معظم الترب يعد الكبريت المقيد عضوياً هو المخزن الرئيس لكبريت التربة خاصة تحت الظروف المناخية الرطبة، ولذلك فإن كمية الكبريت تتناسب طردياً مع كمية المادة العضوية للتربة. يوجد الكبريت العضوي على شكلين في التربة وهما الكبريت المحجوز بالكربون (الكبريت العائد للاحماض الامينية) والكبريت غير المحجوز بالكربون (يتكون من الكبريتات الفينولية والدهون). يوجد الكبريت غير العضوي اي المعدني في التربة على شكل كبريتات تترسب في صورة املاح ذائبة أو غير ذائبة مثل كبريتات الكالسيوم، وكبريتات المغنسيوم وكبريتات الصوديوم، في ظروف المناطق الجافة وشبه الجافة. وفي ترب المناطق الرطبة او في الظروف الرطبة اما ان توجد الكبريتات في محلول التربة أو تكون مدمصة الى غرويات التربة. من هذا يتضح بأن الكبريت المعدني يوجد بثلاث صور وهي الكبريت في محلول التربة والكبريت في حالة مدمصة والكبريت في الجزء الصلب من التربة وهذه الاشكال تكون في حالة اتزان.

ان مصادر كبريت التربة هي الصخور الحاوية على الكبريت والكبريت الجوي، والكبريت العضوي والكبريت المضاف على شكل اسمدة، وهذه المصادر باختصار:

١- معادن الصخور المتحجرة في باطن الأرض عند تعرضها لعمليات التجوية الكيمياوية والفيزياوية فإن هذه المعادن تتحلل ويتحرر الكبريتيد الذي يتأكسد بدوره ويتحول الى كبريتات. يضاف الى ذلك فإن الكبريت المنطلق من فوهات البراكين يعد ايضاً مصدراً للكبريت.

٢- الكبريت الجوي : في المعامل عندما يحرق الكبريت والفحم ومركبات اخرى تحتوي على الكبريت يتطاير ثاني اوكسيد الكبريت الى الجو والذي يرجع بدوره الى التربة مع مياه الامطار. ويمكن لطائفة من النباتات امتصاص الكبريت على شكل ثاني اوكسيد الكبريت عن طريق الاوراق وهذا بدوره يتحول الى الصورة العضوية داخل النبات ثم يعود الى التربة بفعل بقايا النبات.

٣- الكبريت المتحد بالمادة العضوية ، في الترب الرطبة توجد كمية كبيرة من الكبريت مرتبطة بمادة التربة العضوية وكذلك توجد الكبريت في بقايا النباتات على شكل بروتينات ، وبتحلل هذه المواد يتحرر الكبريت ويتاكسد الى كبريتات.

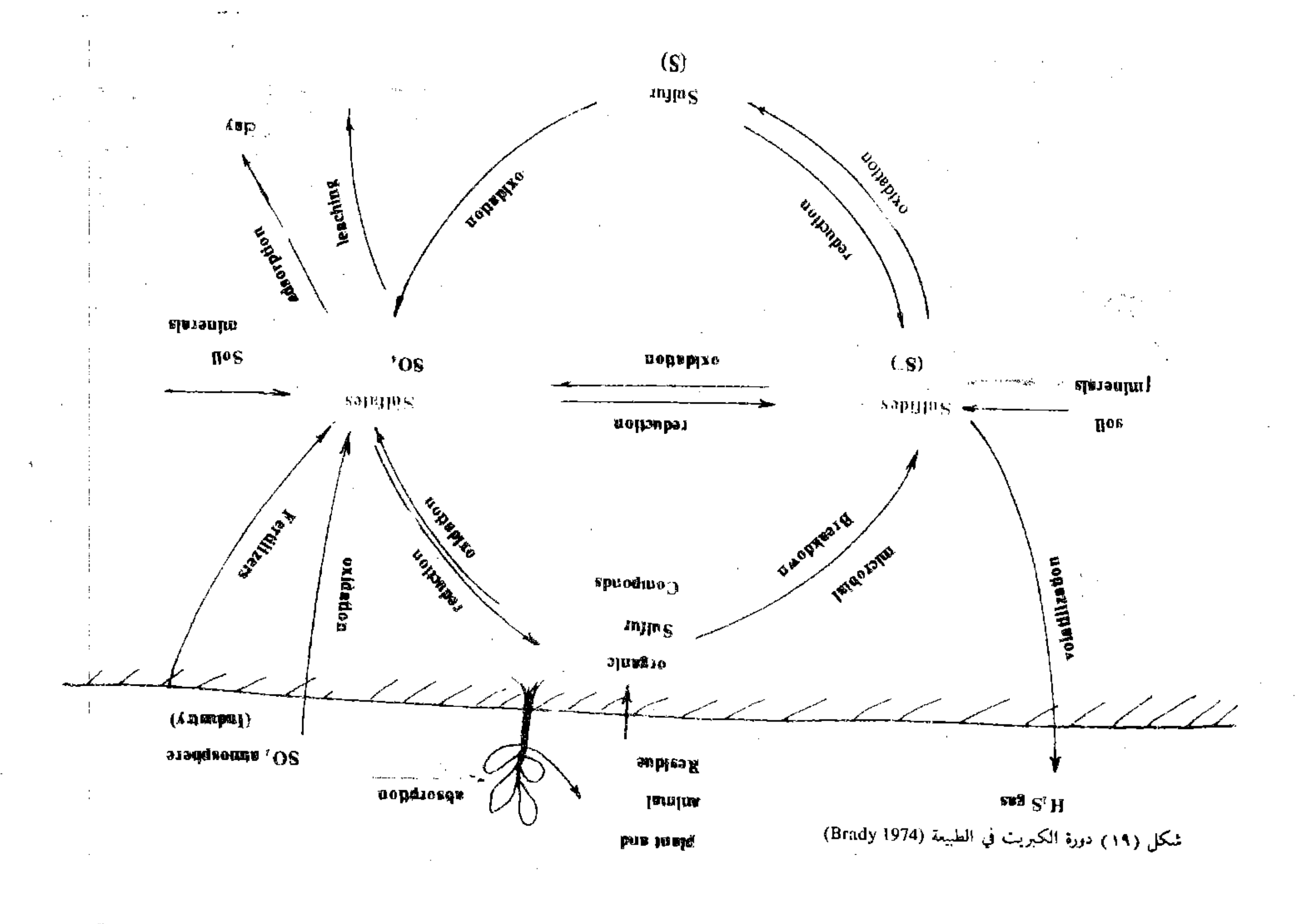
٤- المصدر الآخر لكبريت التربة هو الاسمدة الكيمياوية الحاوية على الكبريت التي تضاف الى التربة باشكال معدنية مختلفة. كذلك يمكن اعتبار الكبريت المنقول بوساطة مياه الري بشكل كبريتات مصدراً للكبريت.

ان دورة الكبريت في التربة تعتمد على عمليات الاكسدة والاختزال له في ظروف التربة. وفي دورة الكبريت يتأكسد الكبريت العضوي ، وكبريتيد الهيدروجين ، وعنصر الكبريت واسمدة الكبريت المضافة الى التربة بسبب عدة انواع من البكتريا التابعة للجنس Thiobacillus ومنها T.thiooxidans و T.oproliticus (وهي بكتريا هوائية) الى الكبريتات (حامض الكبريتيك) وحسب المعادلات الآتية :

$$H_2S + 2O_2 \longrightarrow H_2SO_4$$

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

في الشكل (١٩) الذي يوضح دورة الكبريت في الطبيعة يلاحظ بأن الكبريتات المتكونة التي هي افضل واكثر صورة لامتصاص النبات للكبريت تتعرض الى عدة عمليات ، ومن هذه العمليات تعرضها الى عملية الاختزال ، اذ تختزل الكبريتات الى كبريت عضوي أو الى sulfides وكذلك تتعرض الى عملية الادمصاص على سطوح غرويات التربة وعملية الغسل بالامطار من مقد التربة. في دورة الكبريت في التربة يمكن ان تحصل عمليات اختزال اخرى لغير الكبريتات عند توفر الظروف الملائمة لذلك ومن هذه العمليات



شكل (١٩) دورة الكبريت في الطبيعة (Brady 1974)

$$Sulfur\ (S) \longrightarrow sulfides\ (S^{-})$$

$$Sulfites\ (SO_3^{--}) \longrightarrow Sulfides$$

$$Thiosulfates\ (S_2O_3^{--}) \longrightarrow sulfides$$

ان عملية اكسدة الكبريت داخل التربة ذات علاقة كبيرة بدرجة تفاعل التربة ؛ ذلك ان عملية اكسدة الكبريت هي عملية مولدة للحموضة وخفض للقاعدية . لهذا فإن اضافة الكبريت يقلل من قاعدية التربة ويزيد الحموضة ؛ لأن في كل ذرة من الكبريت تتأكسد تحرر ذرتين من الهيدروجين وكما هو معلوم بأن زيادة تركيز ايونات الهيدروجين في محلول التربة يزيد من الحامضية .

9.2 كبريت النبات

ان النباتات الراقية تمتص الكبريت في صورة كبريتات وبعد عملية الامتصاص تختزل الكبريتات داخل النبات الى كبريت عضوي حيث ان أكثر المركبات العضوية الرئيسة الحاوية على الكبريت يوجد الكبريت فيها بصورة مختزلة . وهذه المركبات العضوية تضم الحامض الاميني Cysteine والحامض الاميني methionine وكذلك البروتينات التي تحتوي على الاحماض الامينية .

إن كثيراً من عوامل النمو تؤثر في محتوى النبات من الكبريت . وإن محاصيل الخضراوات مثل اللهانة ، واللفت والبصل ذات احتياج عال للكبريت . والنباتات ، الذرة الصفراء ، وفستق العبيد ، والتبغ والقطن ايضاً تحتاج الى كميات كبيرة من الكبريت في نموها . أما محاصيل الحبوب فتحتاج الى كميات قليلة ، على حين أن البقوليات وخاصة الجت ذات احتياج متوسط من الكبريت والحد الحرج للكبريت في نبات الجت بصورة عامة هو ٠,٢٢ – ٠,٣٣ ٪ . ان المحتوى الكلي لانسجة النبات من الكبريت يقارب ٠,٢ – ٠,٥ ٪ كبريت في المادة الجافة .

وللكبريت دور كبير في الوظائف والعمليات الحيوية للنبات ونقص هذا العنصر يؤدي الى عرقلة العديد من هذه العمليات مما يؤثر سلبياً في نمو النبات . أهم الوظائف الحيوية التي يقوم بها الكبريت هي :

١- يشترك في تكوين بروتينات النبات إذ انه يختزل داخل النبات لتكوين الاحماض الامينية مثل الـ cysteine والـ methionine التي تعد كلبنات في بناء البروتين.
٢- تكوين روابط من الكبريتيد الثنائي في البروتينات أو الببتيدات المتعددة، وهذه الروابط تشارك في تكوين الانزيمات البروتينية.
٣- الكبريت هو احد اجزاء الانزيمات المساعدة (COA) والفيتامينات biotin والـ thiamine.
٤- يزيد من نسبة الدهون في عدد من المحاصيل مثل فول الصويا.
٥- يدخل في تركيب البروتوبلازم عن طريق الرابطة الثنائية.
٦- ان مجموعة SH- تزيد من مقاومة النبات للبرودة.
٧- يعد مسؤولاً عن عامل التدمع في البصل ورائحة نبات الثوم.
٨- يساعد في تثبيت النيتروجين عن طريق النباتات البقولية إذ يدخل في تركيب انزيم الـ nitrogenase.

9.3 اعراض نقص الكبريت

الكبريت عنصر متحرك داخل النبات، فهو ينتقل من الاجزاء الناضجة الى الاجزاء النامية والحديثة التكوين ولهذا فأن اعراض النقص تظهر اولاً على الاوراق والاجزاء القديمة للنبات. إن اعراض نقص الكبريت والنيتروجين متشابهة ولكن الفرق هو ان انتقال الكبريت اقل سرعة من انتقال النيتروجين ولهذا فأنه عند حدوث النقص تظهر اعراض نقص النيتروجين اسرع من ظهور اعراض نقص الكبريت. والنباتات التي تعاني من نقص الكبريت يقل معدل نموها ويكون نمو اجزاء النبات العليا اكثر تأثراً من نمو الجذور. في اكثر الاحيان تكون النباتات صلبة وقابلة للكسر وتبقى سيقان النباتات ضعيفة. تظهر اعراض النقص اولاً على الاوراق، حيث يتغير لون الورقة من الاخضر الفاتح الى الاصفر الفاتح وفي اكثر الاحيان يتبع ذلك اصفرار داكن وبعدها اصفرار شامل على النبات.

يشير (Bennett 1993) بأن التراكيز الملائمة لعنصر الكبريت في ورقة عرنوص الذرة الصفراء عند تكوينه لاعطاء نمو جيد هي ٠,١٪ - ٠,٣٪ اما عند مرحلة تكوين الورقة الثالثة او الرابعة للنبات فان التراكيز الملائمة من هذا العنصر في النبات ككل لغرض التحليل النباتي هي ٠,٢٪ - ٠,٣٪. اما في نبات الذرة البيضاء (Sorghum) فان التراكيز الخاصة بعنصر الكبريت التي تشير الى حالة النقص او الحد الحرج عند تحليل الانسجة النباتية للاوراق والنبات ككل عند مرحلة البادرات كمرحلة نمو للنبات هي

٠,٢٪ – ٠,٢٧٪. اما عند مرحلة ملىء الحبوب فهي اقل من ٠,١٥٪ وذلك عند تحليل الاوراق فقط.

بالنسبة لنبات البنجر السكري فان التراكيز الحرجة والتراكيز التي تشير الى حالة النقص والملائمة لعنصر الكبريت الكلي في نصل الاوراق هي على التوالي ٧٥٠ جزء بالمليون و ٤٠٠– ٧٥٠ جزء بالمليون و ٨٠٠– ٣٠٠٠ جزء بالمليون ، وفي نبات فستق الحقل فان الحد الحرج من عنصر الكبريت في الاوراق هو ٠,١٥٪.

اما بالنسبة لنباتي الخيار والرقي فان المستوى الملائم من عنصر الكبريت في اوراق النبات الكامل النضج هو ٠,٣٪– ٠,٥٪.

وعند تحليل اوراق نبات الطماطة عند مرحلة تكوين الثمار فإن التراكيز الملائمة وتراكيز حالة النقص لعنصر الكبريت هي على التوالي اعلى من ٠,٢٥٪ واقل من ٠,١٥٪.

وفي نبات البطاطا فإن تراكيز حالة الحد الحرج وحالة النقص لعنصر الكبريت الكلي في نصل اوراق النبات هي على التوالي ٧٥٠ جزء بالمليون و ٤٠٠– ٧٥٠ جزء بالمليون. اما بالنسبة للمحاصيل البستنية المثمرة فإن التراكيز الاعتيادية لعنصر الكبريت في اوراق اشجار التفاح هي ٠,١٩– ٠,٢٧٪ وفي أوراق أشجار الكمثرى هي على التوالي ٠,١– ٠,٣٪ واقل من ٠,٠١ بالنسبة للتراكيز الاعتيادية وحالة النقص. وفي اشجار الحمضيات فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر الكبريت في اوراق هذه الاشجار هي على التوالي اقل من ٠,٢٪ و ٠,٢– ٠,٥٪.

9.4الاسمدة الكبريتية

في هذا الباب سنتناول اهم الاسمدة الكبريتية ومن هذه الإسمدة :

١ – الكبريت

ان سماد الكبريت S مادة صفراء اللون عديمة الرائحة غير لماعة يمكن استعمالها صلبة او سائلة. وهذا السماد يستعمل مباشرة في الزراعة بعد استخراجه من باطن الأرض ويحتوي على ٥٠– ٩٠٪ من عنصر الكبريت او اكثر وذلك حسب درجة النقاوة والتصفية. ينتج هذا السماد بطريقتين هما :

أ – طريقة Frash

في هذه الطريقة تحفر الآبار الى مناطق تجمع الكبريت في باطن الارض وبعد ذلك يدفع بماء ساخن جداً الى الكبريت من اجل اذابة بلورات المترسب منه وبعدها يرفع الكبريت الذائب الى الاعلى بأنابيب خاصة. وبما ان الكبريت اثقل من الماء فأنه يتجمع في قاعدة الانابيب الرافعة له. وتجري عملية تصريف الماء ورفع الكبريت من الانبوب بضغط هواء داخل الانبوب فيدفع الكبريت الى الاعلى.

ب– يمكن ان ينتج الكبريت من الغازات الطبيعية وهذا يكون عن طريق تفاعل كبريتيد الهيدروجين H_2S مع الاوكسجين كما في المعادلات الآتية :

$$H_2S + {}^{3/2}O_2 \longrightarrow SO_2 + H_2O$$

$$2H_2S + SO_2 \longrightarrow {}^{1/2}O_6 + 2H_2O$$

ان اضافة الكبريت (عنصر الكبريت) كسماد أو الاسمدة الكبريتية الاخرى الى التربة لغرضين اساسين هما ١) اضافة الكبريت لسد احتياجات النباتات من هذا العنصر في الترب التي تعاني من نقصه لاعتباره عنصراً ضرورياً لنمو النبات ٢) إضافة من اجل خفض درجة تفاعل الترب القاعدية، لاستصلاحها وزيادة خصوبتها لزيادة الانتاجية لمختلف المحاصيل التي تزرع فيها. ومن هنا وجدت استجابة كبيرة من العديد من النباتات لاضافات الكبريت مما أدى الى زيادة الحاصل وانتاجية الترب القاعدية ذات درجة تفاعل مرتفعة. الجدول (٤٠) يوضح كميات الكبريت اللازمة لخفض درجة تفاعل التربة.

عند اضافة عنصر الكبريت كسماد، يجب ان يضاف الى التربة قبل ستة اشهر من الزراعة في الأقل، وذلك لاعطاء الزمن الكافي لاكسدة الكبريت واحداث التأثير من حيث تقليل درجة تفاعل التربة وزيادة الحامضية. يزداد معدل اكسدة الكبريت في التربة الدافئة وذات التهوية الجيدة وذلك لكونها ظروفاً ملائمة للكائنات الدقيقة (البكتريا المؤكسدة Thiobacillus) المسؤولة عن اكسدة الكبريت وتحصل الأكسدة حسب المعادلات الآتية :

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2 + \text{طاقة}$$

$$2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3 + \text{طاقة}$$

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

الجدول (٤٠) كمية الكبريت اللازمة لخفض درجة تفاعل التربة الى ٦,٥

درجة تفاعل التربة	كغم / هكتار يضاف الكبريت بطريقة النثر		يضاف قرب النبات او بخطوط (اخاديد)	
	الترب الرملية	الترب الطينية	الترب الرملية	الترب الطينية
٧,٥	٤٠٠ ـ ٦٠٠	٨٠٠ ـ ١٠٠٠	٢٠٠ ـ ٢٥٠	٣٠٠ ـ ٥٠٠
٨,٠	١٠٠٠ ـ ١٥٠٠	١٥٠٠ ـ ٢٠٠٠	٣٠٠ ـ ٥٠٠	٦٠٠ ـ ٨٠٠
٨,٥	١٥٠٠ ـ ٢٠٠٠	١٥٠٠ ـ ٢٠٠٠	٦٠٠ ـ ٨٠٠	٨٠٠ ـ اعلى
٩,٠	٢٠٠٠ ـ ٣٠٠٠		٨٠٠ ـ اعلى	

٢ – حامض الكبريتيك

ان حامض الكبريتيك (H_2SO_4) مادة ثقيلة عديمة اللون ذات قوام دهني ويطلق عليه (Oil of vitriol) يصنع هذا السماد بطريقتين هما :

١ – الطريقة الحديثة وهي Contact process

في هذه الطريقة يحرق الكبريت (S) في ظروف هوائية نقية وينتج هذا الاحتراق ثاني اوكسيد الكبريت ، الذي يتحول بسرعة بوجود العامل المساعد وهو الفانديوم في هذه الطريقة الذي يقوم بامتصاص ثاني اوكسيد الكبريت عن طريق التلامس قبل اتحاده بالاوكسجين الى ثالث اوكسيد الكبريت يدفع بسرعة بالانابيب الى منطقة تبريد لمنع حصول التفاعل العكسي وبعد ذلك يمتص ثالث اوكسيد الكبريت من لدن حامض الكبريتيك (٩٨٪) ، ثم يجمع الحامض والتركيز المطلوب يمكن الحصول عليه باضافة حامض خفيف التركيز او ماء .ان حامض الكبريتيك الذي يستعمل لامتصاص ثالث اوكسيد الكبريت يكرر استعماله باستمرار داخل طريقة التصنيع .
والمعادلات الآتية توضح طريقة تصنيع حامض الكبريتيك :

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2 + \text{حرارة}$$

$$2SO_2 + O_2 \xrightarrow[\text{٥٥٠ م}]{\text{الفانديوم}} 2SO_3 + \text{حرارة}$$

$$H_2SO_4 + H_2O + SO_3 \longrightarrow H_2SO_4$$

٢ – الطريقة القديمة Chamber process

هذه الطريقة تضم نفس الخطوات في الطريقة الحديثة الا ان العامل المساعد هو اوكسيد النيتروجين. ان اوكسيد النيتروجين يوجد عند الانبوب الذي يمر فيه ثاني اوكسيد الكبريت وهو يتفاعل معه قبل دخوله الى حجرة (Chamber) التبريد ليكون ثالث اوكسيد الكبريت.

ان حامض الكبريتيك بالاضافة الى استعماله كسماد في الزراعة او استعماله في تصنيع الاسمدة الكيمياوية يستعمل في صناعة الكيمياويات والمواد المتفجرة، والحديد، والاصباغ، والاقلام، والشخاط، والبلاستك، والمطاط، والورق والمبيدات وغيرها من المواد الصناعية.

يمكن استعمال هذا السماد في الزراعة عن طريق اضافته الى ماء الري او الاضافة المباشرة الى التربة بتراكيز مخففة بأدوات خاصة. ولقد كانت هناك استجابة جيدة من المحاصيل عند اضافة حامض الكبريتيك بطريقة الرش الى التربة.

٣– الجبس

ان سماد الجبس ($CaSO_4.2H_2O$) مادة بيضاء اللون يحتوي على عنصري الكبريت والكالسيوم. هذا السماد معدن يوجد على شكل صخور ناعمة او مادة تشبه الرمل من حيث الشكل. تنعم صخور الجبس تكسر الى الحجم الحبيبي او المسحوق المطلوب. الجبس الزراعي يحتوي على ٥٠ – ٩٥٪ كبريتات الكالسيوم، وكبريتات الكالسيوم النقية تحتوي على ٢٣,٥٪ كبريت (S) و ٢٩,٢٪ كالسيوم.

في المناطق الجافة من العالم يستعمل الجبس بكميات كبيرة لتحسين تركيب الترب الملحية الصودية. في هذه الترب يتفاعل الجبس مع كاربونات الصوديوم السائدة في مثل هذه الترب او كاربونات البوتاسيوم لتكوين كبريتات الصوديوم والبوتاسيوم اضافة الى كاربونات الكالسيوم البطيئة الذوبان، كما في المعادلات الآتية:

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4$$
$$CaSO_4 + K_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 + K_2SO_4$$

يعمل ماء الري بعد هذه التفاعلات على ازالة الكبريتات الذائبة الى خارج المحور الجذري للنبات ويزداد بذلك نفوذ الماء داخل التربة.

٤ – كبريتات الامونيوم

ان سماد كبريتات الامونيوم $[(NH_4)_2SO_4]$ قد تقدم الحديث عنه في فصل الاسمدة النيتروجينية. وهذا السماد يحتوي على ٢٤ ٪ كبريت (S) و ٢١ ٪ نيتروجين.

٥ – كبريتات البوتاسيوم

ان سماد كبريتات البوتاسيوم (K_2SO_4) يحتوي على ١٨ ٪ كبريت (S) و ٤١ ٪ K.

كبريتات الالمنيوم

ان سماد كبريتات الالمنيوم $[AL_2(SO_4)_3]$ هو ملح يعرف بال alum اي حجر الشب. يحتوي هذا السماد على ٤١,٤ ٪ من الكبريت (S). ويستعمل لتصحيح درجة تفاعل التربة وسد النقص بالحديد الجاهز. هذا السماد لايقوم بتزويد الحديد بل يعمل على زيادة درجة حموضة التربة وهذا يؤدي الى زيادة كمية الحديد الجاهز إذ ان الحديد تزداد جاهزيته في الترب الحامضية.

$$AL_2(SO_4)_3 + 6H_2O \longrightarrow 2\,Al(OH)_3 + 3H_2SO_4$$

قد يستعمل هذا السماد في تصفية وتنقية المياه ؛ وذلك لان $Al\,(OH)_3$ الناتجة من تفاعل هذا السماد مع الماء تتفاعل مع الشحنات السالبة للطين والمادة العضوية الذائبة في الماء (عملية ادمصاص) ويجعلها مادة غير ذائبة مترسبة في احواض التصفية.

٧ – سماد السوبرفوسفات المركز الحاوي على الكبريت S.Conc. superphosphate.

يحتوي هذا السماد على ١٧ ٪ P (٤٠ ٪ P_2O_5) و ٢٠ ٪ كبريت (S) ويصنع هذا السماد بمزج الكبريت السائل بالسوبرفوسفات المركز.

٨- سماد Ammonium polysulfide

ان هذا السماد سائل $[(NH_4)S_x]$ يحتوي على ٢٠٪ نيتروجين و ٤٠٪ كبريت (S) ويصنع من تفاعل الامونيا مع كبريتيد الهيدروجين كما في المعادلة الآتية :

$$2NH_3 + H_2S \longrightarrow (NH_4)S_x$$

يمكن ان يضاف هذا السماد مباشرة الى التربة او يمزج مع الاسمدة السائلة او يضاف الى مياه الري.

٩- هناك اسمدة كبريتية اخرى ومنها :

١- فوسفات الامونيوم	يحتوي هذا السماد على ٢,٢٪ كبريت
٢- كبريتات- فوسفات الامونيوم	يحتوي هذا السماد على ١٥,٤٪ كبريت
٣- نترات- كبريتات الامونيوم	يحتوي هذا السماد على ١٥,١٪ كبريت
٤- كبريتات النحاس	يحتوي هذا السماد على ١٢,٨٪ كبريت
٥- كبريتات الحديد	يحتوي هذا السماد على ١١,٥٪ كبريت
٦- كبريتات المغنيسيوم	يحتوي هذا السماد على ١٨,٢٪ كبريت
٧- كبريتات المنغنيز	يحتوي هذا السماد على ١٤- ١٧٪ كبريت
٨- كبريتات المغنيسيوم- البوتاسيوم	يحتوي هذا السماد على ٢٢,٧٪ كبريت
٩- كبريتات الصوديوم	يحتوي هذا السماد على ٢٢٪ كبريت
١٠- كبريتات الزنك	يحتوي هذا السماد على ١٣ - ١٨٪ كبريت

الفصل العاشر

10.0 الحديد

10.1 حديد التربة ومصادره

يكون حديد التربة مايقرب من ٤,٢٪ من وزن قشرة الارض بالصيغة الوزنية (Burleson and Gunningham 1963) في حين يؤكد الباحثان (مينكل وكيربي ، ١٩٨٧) ان الحديد يكون مايقرب من ٥٪ وزن قشرة الارض والجزء الاكبر منه يوجد في الصفائح البلورية لمختلف المعادن. ويشير (Bowen, 1979) الى ان متوسط المحتوى الطبيعي للحديد في مناطق العالم المختلفة هو (٤٠٠٠٠)ملغم/كغم. ويشير (ابو ضاحي واليونس ، ١٩٨٨) الى ان الحديد يوجد في الترب بحدود ٢٠٠٠٠ ملغم/كغم. ومن اهم المعادن الاولية التي تحتوي على الحديد في صفائحها البلورية هي:

١ – الاكاسيد – وهذه تضم المعادن الاتية:

Hematite Fe_2O_3

Goethite FeOOH أو $Fe_2O_3.H_2O$

٢ – الكبريتيدات – وهذه تضم المعادن الاتية:

Pyrite FeS_2

Pyrrhotite $Fe_{1-x}S$

٣ – الكاربونات وتضم المعدن Siderite ($FeCO_3$)

٤ – الكبريتات وتضم المعدن Jarosite [$KFe_3(OH)_6(SO_4)_4$]

٥ – السليكات – وهذه تضم المعادن Chamosite. glauconite ومعدن الاولفين [$(Mg,Fe)_2SiO_4$].

٦ – الحديد ربما يوجد ايضاً في صفائح المعادن الثانوية مثل الاليت والكولنيت.

ان محتوى المعادن الثانوية من الحديد يعود الى عمليات التجوية التي تحدث على المعادن الاولية.

ان الحديد الذائب في محلول التربة الناتج عن عمليات التجوية للمعادن الاولية والثانوية قليل جداً مقارنا بالحديد الكلي للتربة. والسبب في هذا الانخفاض لحديد محلول التربه الجاهز للامتصاص من لدن النبات هو ان معظم مركبات الحديد السائدة في التربة غير قابلة للذوبان في الماء. وجد الباحثان (Jadhav and Malewlewer 1980) عند دراستها لترب مختلفة النسجة وذات محتوى عالٍ من كاربونات الكالسيوم بان الحديد الكلي يتراوح بين ٥١٢٠٠–٧٧٨٠٠ مايكروغرام/ غم تربة في حين ان الحديد الجاهز في هذه الترب قد بلغ ٥,٦ – ٤١,٤ مايكروغرام/ غم تربة.

ويضم الحديد المعدني الذائب في محلول التربة الاشكال الاتية

$FeOH^{2+}$, $Fe(OH)_2^{+}$, Fe^{3+}, Fe^{2+}

10.2 العوامل التي تشارك في انخفاض جاهزية الحديد وظهور اعراض النقص على النبات

ان من اهم العوامل التي تؤدي الى انخفاض معدل الحديد الجاهز في التربة مما يسبب ظهور اعراض النقص على اجزاء النبات هي:

١ – مادة الاصل: ان انخفاض محتوى مادة الاصل التي تتكون منها التربة لعنصر الحديد يؤدي الى انخفاض محتوى محلول هذه التربة من الحديد الجاهز المتحرر نتيجة عمليات التجوية للمعادن الاولية والثانوية المكونة لمادة الاصل والحاوية على الحديد.

٢ – كاربونات الكالسيوم الحرة: ان ارتفاع محتوى التربة من كاربونات الكالسيوم الحرة يؤدي الى ارتفاع درجة تفاعل التربة اي زيادة القاعدية. هذه الظروف تؤدي الى ترسب الحديد على صورة هيدروكسيد الحديد وتحويله من صورة جاهزة الى صورة غير جاهزة قد تعمل كاربونات الكالسيوم ايضاً على تحسين تهوية التربة وهذه ظروف ملائمة لاكسدة الحديد Fe^{2+} الى Fe^{3+} وهو صورة غير متيسرة للامتصاص لسهولة ترسبه من محلول التربة.

٣- تعمل المستويات العالية من الفسفور في التربة على ترسيب الحديد من محلول التربة على شكل فوسفات الحديد ويصبح بذلك الحديد غير جاهز للامتصاص من لدن النبات. هذه الحالة تحدث بدرجة كبيرة في الترب المتعادلة والترب الجيرية. كذلك تؤدي التراكيز العالية من الكالسيوم، والمغنيسيوم والبوتاسيوم في محلول التربة الى تقليل امتصاص النبات للحديد، نتيجة التأثير التزاحمي على جهات الامتصاص.

٤ - **المستويات العالية من العناصر الصغرى** مثل النحاس والزنك في محلول التربة تؤدي ايضاً الى انخفاض كمية الحديد الجاهز في التربة وذلك عن طريق احلال هذه العناصر محل الحديد الموجود في المركبات المغلفة، وهذا بدوره يقلل من كمية الحديد التي تنتقل الى جذور النبات. إن الحديد المتحرر نتيجة هذا الاحلال يكون معرضاً لعمليات الاكسدة والترسيب التي تحول الحديد الجاهز الى حديد غير جاهز للامتصاص من لدن النبات.

٥ - **درجة تفاعل التربة** : في الترب ذات الدرجة المرتفعة (PH العالي) يقل نشاط Fe^{3+} في محلول تلك التربة، إذ يتفاعل مع OH مما يؤدي الى ترسيبه على شكل $Fe(OH)_3$ كما في المعادلة الآتية :

$$Fe^{3+} + 3OH \longrightarrow Fe(OH)_3$$

صلب ومترسب

اقل مستوى للحديد الذائب في محلول التربة هو عند درجة التفاعل مابين ٦,٥ - ٨ ولهذا فإن الترب الحامضية تحتوي على مستويات من الحديد الذائب اعلى من الترب القاعدية، مما يؤدي الى ظهور حالة النقص بهذا العنصر في النباتات التي تنمو في الترب القاعدية. كذلك تؤثر العوامل الوراثية للنبات والاضرار التي تصيب الجذور على امتصاص الحديد.

10.3 الوظائف الحيوية للحديد

ان ضرورة الحديد للعمليات الحيوية للنبات لا تحتاج الى سؤال. ذلك ان عنصر الحديد يؤدي دوراً كبيراً ومؤثراً في العمليات الحيوية للنبات وذلك اما عن اشتراكه المباشر كجزء تركيبي لمواد النبات او تنشيطه للعمليات الانزيمية داخل النبات، لهذا فإن اهم الوظائف الحيوية للحديد هي :

١- يعد عنصر الحديد جزءاً تركيبياً للسايتكرومات النباتية المسؤولة عن نقل الالكترونات ، كذلك يدخل الحديد في النظام الانزيمي للهيم والهيمن مثل Catalase و Peroxidase .

٢- يشارك الحديد في عمليات الاكسدة والاختزال في عمليتي التنفس والتركيب الضوئي .

٣- يدخل الحديد في تركيب الـ Ferredoxin المركب الرودوكسي الاول الثابت لسلسلة الانتقال الالكتروني في التركيب الضوئي .

٤- يدخل في تركيب الكلوروبلاست إذ يحتوي الكلوروبلاست على ٨٠٪ من الحديد الكلي في النبات ، كذلك يدخل الحديد في تركيب البلاستيدات الخُضْر. إن النباتات المجهزة بصورة جيدة بالحديد تكون كمية الكلوروفيل فيها عالية .

٥- يشارك في تكوين البروتينات النباتية .

٦- يشارك في تنشيط العديد من الانزيمات مثل انزيم Nitrate reductase وانزيم Nitrogenase .

10.4 احتياج النبات لعنصر الحديد

إن محتوى التربة الكلي من عنصر الحديد اكثر مما يحتاجه النبات ، وبصورة عامة ان اكثر المحاصيل الزراعية تحتاج الى ٠,٥ جزء بالمليون من هذا العنصر، على حين يتراوح مستوى الحديد الكلي ٢٠,٠٠٠ الف جزء بالمليون. وتختلف النباتات من حيث احتياجها لعنصر الحديد ، لهذا فإن التحليل النباتي يعد عاملاً مساعداً في وضع الخطة التسميدية ، إذ عن طريقه يمكن معرفة مدى احتياج النبات للعنصر الغذائي . والجدول الآتي (جدول ٤١) يوضح مستويات الحديد التي تولد حالة النقص في النبات اضافة الى المستويات المنخفضة ، والمعتدلة ، والمرتفعة ، والمفرطة لأهم المحاصيل الزراعية مقاسة كجزء بالمليون في الانسجة النباتية .

الجدول (٤١) مستويات الحديد لأهم المحاصيل الزراعية مقاسة كجزء بالمليون في الأنسجة النباتية (Brown and Hanson 1977)

المحصول	مستوى ظهور أعراض النقص	التركيز المنخفض	التركيز الاعتيادي	التركيز المرتفع	التركيز المفرط
الذرة الصفراء	أقل من ١٠	١٠ - ٢٠	٢١ - ٢٥٠	٢٥١ - ٣٥٠	أكثر من ٣٥٠
فول الصويا	أقل من ٣٠	٣١ - ٥٠	٥١ - ٢٥٠	٣٥٠ - ٥٠٠	أكثر من ٥٠٠
الجت	أقل من ٢٠	٢١ - ٣٠	٣١ - ٢٥٠	٢٥١ - ٤٠٠	أكثر من ٤٠٠
الحشائش	–	أقل من ٥٠	٥٠ - ١٥٠	–	أكثر من ٣٠٠
محاصيل الحبوب الصغيرة	–	أقل من ٢٠	٢١ - ٢٥٠	–	أكثر من ٥٠٠

ان من أهم المحاصيل الزراعية التي تتأثر بنقصان الحديد هي الحمضيات، وأشجار الثمار النفضية ونباتات الكرمة، وكذلك لوحظت أعراض نقص الحديد في الفاصوليا الحقلية، وفول الصويا، والذرة الصفراء والبيضاء ومحاصيل البقول والرز والطماطة. تختلف أصناف النباتات فيما بينها من حيث حساسيتها لنقص عنصر الحديد وهذا يعود الى وجود أصناف فعالة في امتصاص الحديد (مثل صنف Hawkeye لفول الصويا)، وأصناف غير فعالة في امتصاص الحديد (مثل صنف PI لفول الصويا). أما الأصناف الفعالة في امتصاص الحديد للنباتات المختلفة فتستطيع التأقلم تحت مستويات النقص للحديد، وهذا يكون عن طريق زيادة فعاليتها بامتصاص الحديد، ويحصل باختزال Fe^{3+} الى Fe^{2+} على سطوح الجذور، وافراز المواد العضوية المختزلة والمغلفة من لدن الجذور وغيرها من العمليات التي تساعده على زيادة جاهزية عنصر الحديد.

وأكد ذلك الباحثان (Brown and Jolley 1986) حيث صنفا النباتات من حيث استجابتها لنقص الحديد الى نباتات كفوءة (Iron – efficient) ونباتات غير كفوءة (Iron – inefficent). النباتات الكفوءة تستجيب لنقص الحديد بعدة آليات منها افراز ايونات الهيدروجين من جذورها وبالتالي خفض درجة التفاعل (PH) لمنطقة الرايزوسفير لكون ان إنخفاض درجة التفاعل تزيد من جاهزية عنصر الحديد، وكذلك تحرير او اطلاق المركبات المختزلة من جذورها والتي تقوم باختزال الحديد من صورة Fe^{3+} الى صورة Fe^{2+}

الاكثر جاهزية للامتصاص من قبل النبات ، فضلاً عن زيادة الاحماض العضوية ولاسيما حامض الستريك في جذورها وهذا مايحدث في العديد من النباتات ذوات الفلقتين كما يشير ال ذلك (Brown 1978). كما يشير الباحث (Landsberg 1981, 1982) الى ان النباتات الكفوءة يمكن ان تستجيب لنقص الحديد بزيادة او توسع او تمدد الجذور او تكوين خلايا نقل في الجذور.

يشير (bennett 1993) بأن التراكيز الملائمة لعنصر الحديد في ورقة عرنوص الذرة الصفراء عند تكوينه لاعطاء نمو جيد هي ٢١ - ٢٥٠ جزء بالمليون اما عند مرحلة تكوين الورقة الثالثة او الرابعة للنبات فان التراكيز الملائمة من هذا العنصر في النبات ككل لغرض التحليل النباتي هي ٥٠ - ٣٠٠ جزء بالمليون. اما في نبات الذرة البيضاء (Sorghum) فإن التراكيز الخاصة بعنصر الحديد التي تشير الى حالة النقص او الحد الحرج عند تحليل الانسجة النباتية للاوراق ككل عند مرحلة البادرات كمرحلة نمو للنبات هي ٥٠ - ١٠٠ جزء بالمليون،اما التراكيز العالية والتي هي فوق حاجة النبات فهي اكثر من ٤٠٠ جزء بالمليون. والتراكيز الاعتيادية والزائدة لعنصر الحديد في نبات قصب السكر عند تحليل نصل اعلى ورقة من النبات هي على التوالي ٥٠ - ١٠٥ جزء بالمليون واعلى من ١٠٥ جزء بالمليون وبالنسبة لنبات البنجر السكري فان التراكيز الحرجة والتراكيز التي تشير الى حالة النقص والملائمة لعنصر الحديد في نصل الاوراق هي على التوالي ٥٥ جزء بالمليون و ٢٠ - ٥٥ جزء بالمليون و٦٠ - ١٤٠ جزء بالمليون ، وفي نبات فستق الحقل فان الحد الحرج من عنصر الحديد في الاوراق هو ٥٠ جزء بالمليون.

اما بالنسبة لنباتي الخيار والرقي فان المستوى الملائم من عنصر الحديد في اوراق النبات الكامل النضج هو ٣٠ - ١٥٠ جزء بالمليون ، وفي نبات البصل فان المستوى الملائم من عنصر الحديد هو ٢٩ - ٥٠ جزء بالمليون.

وعند تحليل اوراق نبات الطماطة عند مرحلة تكوين الثمار فان التراكيز الملائمة وتراكيز حالة النقص لعنصر الحديد هي على التوالي اعلى من ١٠٠جزء بالمليون وأقل من ٥٠ جزء بالمليون وفي نبات الفاصوليا فان التراكيز الملائمة لعنصر الحديد عند تحليل الورقة كاملة النضج قبل تكوين الازهار هي ٥٠ - ٤٥٠ جزء بالمليون ، وفي نبات البطاطا فان تراكيز حالة الحد الحرج وحالة النقص لعنصر الحديد في نصل اوراق النبات هي على التوالي ٣٥ جزء بالمليون و ١٥ - ٣٥ جزء بالمليون،اما بالنسبة للمحاصيل البستنية المثمرة فان التراكيز الاعتيادية لعنصر الحديد في اوراق اشجار التفاح هي ٤٠ - ٢٥٠ جزء بالمليون وفي اوراق اشجار الكمثرى هي ١٠٠ - ٨٠٠ جزء بالمليون.

وفي اشجار الحمضيات فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر الحديد في اوراق هذه الاشجار هي على التوالي اقل من ٣٥ جزء بالمليون و ٣٥ – ١٣٠ جزء بالمليون. وفي اوراق اشجار الخوخ والنكتارين فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر الحديد هي على التوالي اقل من ٦٠ جزء بالمليون واعلى من ٦٠ جزء بالمليون.

اما تراكيز حالة النقص الشديد والنقص الخفيف والتراكيز الملائمة وتراكيز الزيادة الخفيفة والزيادة الشديدة في نبات العنب عند تحليل نصل الاوراق للتحري عن عنصر الحديد هي على التوالي اقل من ٥٠ جزء بالمليون و ٥٠ – ١٠٠ جزء بالمليون و ١٠١ – ٢٥٠ جزء بالمليون و ٢٥١ – ٣٠٠ جزء بالمليون واعلى من ٣٠٠ جزء بالمليون.

10.5 أعراض نقص الحديد

ان الحديد عنصر غير سهل الحركة داخل أجزاء النبات لذلك تظهر أعراض النقص أولاً على الأجزاء والنموات الحديثة لعدم انتقال وتوزيع الحديد من الأجزاء القديمة الى الأجزاء الحديثة التكوين. تتمثل أعراض نقص عنصر الحديد بظهور الاصفرار مابين العروق الدقيقة للورقة لأكثر النباتات ، وبين العروق ذات اللون الأخضر الداكن ، تتباين مغايرة لخلفية الورقة ذات اللون الأخضر الفاتح او الاصفر. إن الأوراق الحديثة التكوين كثيراً ماتكون ذات لون أبيض. في أوراق محاصيل الحبوب تظهر أعراض النقص على شكل أشرطة متبادلة من اللون الاصفر والأخضر على امتداد طول الورقة .

يحدث انخفاض في كافة صبغات الضوء ومنها كلوروفيل A و B والكاروتين والزانثوفيل والاخيرة تنخفض بدرجة أقل عند نقص الحديد. ولذلك فإن كافة الاوراق التي تعاني من نقص الحديد تكون غنية بالزانثوفيل (Terry 1980) ، كما تزداد نسبة الكاروتينويدات / الكلوروفيل في الاوراق (Terry and Abadia 1986). وفي الاشجار البستنية فإن الاوراق النشيطة الموجودة في قمة الافرخ تبقى غير ناضجة ، كما ان طول وقطر الافرخ ينخفض في حالة نقص الحديد (Bennett 1993) ، وأن الجذور المغذية في الاشجار التي تعاني من نقص شديد في الحديد تكون منكمشة وذات نسبة عالية من الفلين ولونها بني غامق وتكون رفيعة مع عدم ظهور نشاط نمو في قمتها والجذور الرئيسة تكون هشة وسهلة الكسر.

10.6 أسمدة الحديد

ان من أهم أسمدة عنصر الحديد هي :

١ – كبريتات الحديدوز

ان سماد كبريتات الحديدوز ($FeSO_4.7H_2O$) هو أكثر أسمدة الحديد انتشاراً واستعمالاً في خصوبة التربة وتغذية النبات . ودرجة ذوبانه أعلى من بقية الأسمدة الحديدية وأكثر جاهزية لامتصاص النبات له . يحتوي هذا السماد على ٢٠٪ حديد .

٢ – اوكزالات الحديدوز

ان هذا السماد ($FeC_2O_4.2H_2O$) يصنع بتفاعل أملاح الحديد الذائبة مع حامض الاوكزاليك ويحتوي هذا السماد على ٣٠٪ حديد ، تصف هذه النسبة تكون ذات صفات مخلبية . هذا السماد قليل الذوبان بالماء ، ويكون جاهزاً ومتيسراً للنبات من خلال اضافته عن طريق الرش أو اضافته الى الجذور. وبصورة عامة يستعمل هذا السماد اما عن طريق اضافته بالرش أو بالتغبير.

٣ – كبريتات الحديديك

ان سماد كبريتات الحديديك [$Fe_2(SO_4)_3$] أقل ذوباناً وجاهزية من سماد كبريتات الحديدوز ويحتوي على ٢٨٪ حديد .

٤ – هناك سماد آخر هو فوسفات أمونيوم الحديدوز ويحتوي على ٢٩٪ حديد .

٥ – أسمدة الحديد المخلبية

قبل التطرق الى أسمدة الحديد المخلبية يجب معرفة المواد المخلبية : ماهيتها وصفاتها وخصائصها وتفاعلاتها . ان كلمة Chelate أي مخلب ، كلمة مشتقة من كلمة أغريقية هي Claw ومعناها مخلب . في الكيمياء العضوية تعني كلمة Chelate : التركيب الحلقي الناتج عن ارتباط أيون بمجموعتين أو اكثر من المجاميع الموزعة للالكترونات لتكوين جزيئة واحدة ، والعنصر الذي يخلب او يرتبط بهذا التركيب الحلقي يفقد سيطرته على تفاعلاته الكيمياوية أي يترسب داخل التركيب الحلقي أو بصيغة أخرى يتحول الى صورة غير جاهزة لامتصاص النبات لها .

إن معظم الكاتيونات المتعددة التكافؤ تستطيع أن تكون مواد مخلبية ولكنها تختلف من حيث تحررها. ان درجة الثبات والمقدرة التبادلية للعناصر يمكن وضعها بالتسلسل الآتي :

$$Fe^{3+} > Zn^{2+} > Fe^{2+} > Mn^{2+} > Ca^{2+} > Mg^{2+}$$

ان المواد المخلبية يمكن ان تستعمل بعدة طرق لتصحيح حالة النقص بالعناصر الغذائية ومن هذه الطرق:

١ – طريقة الرش على النبات.
٢ – الاضافة الى التربة بصورة مباشرة.

للمواد المخلبية أنواع مختلفة بصفاتها الكيمياوية والفيزياوية ومن هذه الأنواع :

١ – المواد المخلبية المؤثرة في الترب الحامضية.
٢ – المواد المخلبية المؤثرة في الترب الكلسية.
٣ – المواد المخلبية المؤثرة في الترب الحامضية والترب القاعدية.

الصفات المهمة للمواد المخلبية

أولاً : عند اضافتها بطريقة الرش على النباتات

١ – سهلة امتصاص النبات لها.
٢ – سهلة الانتقال داخل أجزاء النبات.
٣ – سهلة التحلل داخل النبات حتى يصبح العنصر الذائب المخلوب جاهزاً للنبات.
٤ – لاتحدث المادة المخلبية أي ضرر ميكانيكي أو حرق على النبات ويجب أن توضع بالتراكيز الملائمة.

ثانياً : الصفات الخاصة بالمواد المخلبية المضافة الى التربة

١ – يجب أن لاتكون هناك سهولة باستبدال العنصر المخلوب داخل التربة بكتيونات اخرى متعددة التكافؤ.
٢ – يجب أن تكون ثابتة ضد التحلل المائي ودرجة تفاعل التربة الخاصة بها.
٣ – يجب أن تكون مقاومة للتحلل بوساطة الكائنات الحية الدقيقة.
٤ – يجب أن تكون قابلة للذوبان بالماء.

٥- يجب أن لا تكون سهلة الترسب بالايونات أو المواد الغروية.
٦- يجب أن تكون جاهزة للنبات عند الجذور أو داخل النبات.
٧- يجب أن لا تكون مضرة بالنبات عند التراكيز الواجب اضافتها لتصحيح النقص الحاصل.

من المواد المخلبية العضوية الواسعة الانتشار والاستعمال هي:

1. EDTA: ethylene diamine tetraacetic acid

هذه المادة فعالة جداً في الترب الحامضية، إلا أنها في الترب الكلسية تكون مضرة للنبات في بعض الظروف وتكون غير ثابتة في ظروف أخرى.

2. DTPA: diethylene triamine penta acetic acid

3. HEEDTA: hydroxyethyl ethylene diamine triacetic acid

4. CDTA: cyclohexane trans 1,2- diamino tetra acetic acid

5. EDDHA: ethylene bis Alpha- imino-2- hydroxy- phenyl- acetic acid

ان المواد المخلبية ٣ و ٤ و ٥ لها درجة ثبات اعلى من درجة ثبات EDTA في الترب الكلسية.

ان المواد المخلبية لا يمكن مزجها بالاسمدة الكيمياوية السائلة التي تحتوي على الامونيا؛ وذلك لأن درجة تفاعل التربة العالية ترسب العنصر المخلوب وذلك لأن الهيدروكسيل ينافس الايون المخلوب. كذلك لا ينصح باضافة المواد المخلبية الى الاسمدة السائلة الحاوية على حامض الفسفوريك الحر؛ وذلك لأن الهيدروجين ينافس الايونات المخلوبة.

بعد هذه المقدمة البسيطة والمختصرة عن المواد المخلبية العضوية نعود الى اهم اسمدة الحديد المخلبية وهي:

١- Fe- EDTA درجة ثباته حتى درجة تفاعل ٦ للتربة.
٢- Fe- EDDHA درجة ثباته عالية وهي بين درجة تفاعل ٤ - ١٠.
٣- Fe- DTPA درجة ثباته حتى درجة تفاعل ٧ للتربة.
ان اسعار هذه المركبات عالية جداً.

ويشمل الحديد العضوي اضافة الى اسمدة الحديد المخلبية المصنعة، مركبات حديد عضوية معقدة ذائبة لها دور مهم في تجهيز النبات بعنصر الحديد وهذه المركبات ربما يكون مصدرها:

١ – المادة العضوية التي تفرزها جذور النبات مثل مادة الـ riboflavin المختزلة التي يفرزها نبات عباد الشمس.
٢ – مركبات ناتجة من المادة العضوية للتربة متحدة بالعناصر الغذائية مثل + Fe^{2+} polyphenols او اتحاد العناصر بالحوامض الالفاتية البسيطة وحامض الفولفيك.

10,7 ملاحظات مهمة حول عنصر الحديد

١ – في الترب المغمورة بالماء يحصل اختزال للحديد من Fe^{3+} الى Fe^{2+} وهذا يؤدي الى زيادة صورة الحديد الاكثر جاهزية لامتصاص النبات له والأكثر ذوباناً، وقد تؤدي عملية الاختزال هذه عن طريق الكائنات الحية غير الهوائية الى زيادة تركيز الحديد الذائب في محلول التربة الى حد السمية للنبات. هذه الحالة اكثر انتشاراً في حقول الرز. بصورة عامة يمكن القول في الترب الرديئة التهوية ان تركيز Fe^{2+} يزداد على حساب تركيز Fe^{3+}.
٢ – الاسمدة المخلبية والمركبات العضوية الحاوية على الحديد تحرر الحديد ببطء وتكون مهمة في تجهيز الحديد لجذور النبات، اضافة الى ان التحرر البطيء لعنصر الحديد من هذه المركبات يقلل من نسبة الحديد الذي يفقد عن طريق الترسيب او عمليات الاكسدة داخل التربة.
٣ – اضافة املاح الحديد المعدنية كثيراً ماتكون بدون تأثير في معالجة الاصفرار الناتج عن نقص عنصر الحديد بسبب تحولها السريع الى اوكسيدات غير ذائبة، وحتى معاملة الرش في عدد من الحالات تكون نتائجها غير مرضية وناجحة دائماً. لذلك ينصح في مثل هذه الحالة اضافة الاسمدة المغلفة الحاوية على الحديد الى التربة او بالرش.
٤ – ان استعمال الاسمدة الكيمياوية غير الحاوية على الحديد قد تؤدي في بعض الاحيان وبصورة غير مباشرة الى التقليل من اعراض نقص الحديد مثال ذلك اسمدة النيتروجين الحاوية على الامونيوم والاسمدة الاخرى المولدة للحموضة، فهي تؤدي الى زيادة جاهزية الحديد نتيجة انخفاض درجة تفاعل التربة. كذلك الاسمدة العضوية تؤدي في بعض الاحيان الى تقليل اعراض نقص الحديد نتيجة تكون مركبات معقدة من الحديد والمادة العضوية التي تحرر الحديد بدورها ببطء.

الفصل الحادي عشر

11.0 المنغنيز

11.1 منغنيز التربة ومصادره

ان المنغنيز (Mn) من العناصر الصغرى الضرورية لنمو النبات ويوجد في الترب بمعدلات مختلفة تتراوح بين ٢٠٠ – ٣٠٠٠ جزء بالمليون وهذه المستويات الكلية للمنغنيز كثيرة الانتشار بين الترب المختلفة ويوجد المنغنيز في مختلف الصخور الاولية ، ويتحرر من هذه الصخور عن طريق عمليات التجوية على شكل معادن حاوية عليه تعد بدورها مصدراً لمنغنيز التربة . ومن هذه المعادن التي تحتوي على المنغنيز :

١ – الأكاسيد البسيطة وتضم المعادن الآتية :

pyrolusite MnO_2

hausmannite Mn_3O_4

manganite MnOOH

٢ – الاكاسيد المعقدة وتضم المعادن الآتية :

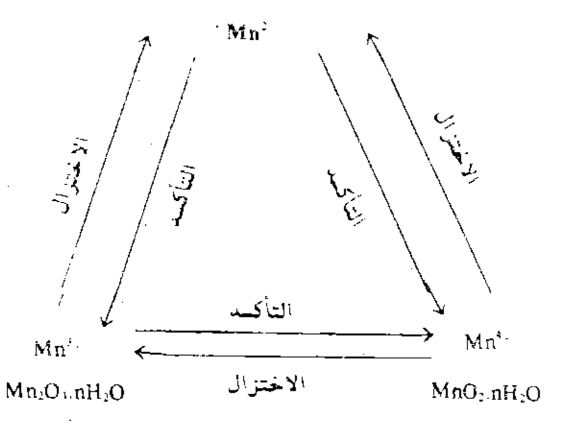
braunite $(Mn,Si)_2O_3$

وكذلك معدن Psilomelane

٣ – الكاربونات وتضم rhodochrosite ($MnCO_3$)

٤ – السليكات وتضم rhodonite ($Mn\ SiO_3$)

ان اهم اشكال المنغنيز الموجودة في التربة هي المنغنيز الثنائي التكافؤ (Mn^{2+}) وهذا يكون موجوداً في محلول التربة او مدمصاً على سطوح معادن الطين والمادة العضوية . والشكل الآخر للمنغنيز هو اكاسيد المنغنيز التي تحتوي على المنغنيز بصورتيه الثنائية والثلاثية التكافؤ. إن العلاقة بين اشكال المنغنيز يمكن توضيحها بالشكل الآتي :



يلاحظ من هذا الشكل بأن المنغنيز يوجد بثلاث حالات من التكافؤ وهي :

١ - ايونات ثنائية التكافؤ Mn^{2+} بصورة ذائبة في محلول التربة او مدمصة الى سطوح الطين والمادة العضوية ويزداد تركيز هذه الحالة من المنغنيز في الترب الحامضية ذات درجة تفاعل منخفضة .

٢ - المنغنيز الثلاثي التكافؤ على صورة اكسيد Mn_2O_3 ويزداد تركيزه في الترب ذات درجة تفاعل متعادلة .

٣- المنغنيز الرباعي التكافؤ على صورة اكسيد خامل MnO_2 ويزداد تركيز هذه الصورة من المنغنيز في الترب التي تكون درجة تفاعلها اعلى من ٨ .

ان المنغنيز الثنائي التكافؤ الموجود في محلول التربة بصورة ذائبة يكون في حالة اتزان مع المنغنيز الثنائي التكافؤ الموجود بصورة مدمصة على معادن الطين والمادة العضوية . ان مستويات منغنيز محلول التربة وعلاقته باشكاله الاخرى تعتمد بصورة كبيرة على عمليات الاكسدة والاختزال . وكل العوامل التي تؤثر في عمليات الاكسدة والاختزال تؤثر بدورها في جاهزية منغنيز التربة .

11.2 العوامل التي تشارك في انخفاض جاهزية المنغنيز وظهور اعراض النقص على النبات

ان العوامل التي تؤدي الى قلة المنغنيز الجاهز في محلول التربة هي بصورة عامة تضم عوامل خاصة بالصفات الفيزياوية والكيمياوية وعوامل مناخية واهم هذه العوامل هي :

١- الترب القاعدية والترب ذات الحامضية الخفيفة

تؤدي درجة تفاعل التربة دوراً كبيراً في جاهزية المنغنيز، إذ تزداد في الترب الحامضية جاهزيته بسبب زيادة درجة ذوبان مركبات المنغنيز الموجودة في التربة. اما في الترب القاعدية والحامضية الخفيفة فتقل جاهزية المنغنيز الى درجة قد تظهر على اثرها اعراض نقص المنغنيز على النبات. وذلك يعود الى تكون مركبات معقدة من المادة العضوية والمنغنيز اضافة الى أن نشاط الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن عمليات اكسدة المنغنيز يزداد عند درجة تفاعل ٧ وأكثر.

٢- الترب ذات الصرف الرديء

في مثل هذه الترب يزداد الصرف الجانبي مما يؤدي الى فقدان المنغنيز عن هذا الطريق.

٣- ترب الـ Histosols العضوية

في هذه الترب تتكون مركبات معقدة من المنغنيز والمادة العضوية وبذلك يقل مستوى المنغنيز الجاهز.

٤- المستويات العالية من الحديد، والنحاس والزنك

ان سلوك المنغنيز الكيمياوي يشابه سلوك الحديد والنحاس والزنك وبهذا فإنها تنافسه على جهات الامتصاص (حوامل العناصر الغذائية داخل النبات) في حالة كون تراكيز هذه العناصر في محلول التربة اعلى من تركيز المنغنيز. كذلك ربما تقوم هذه العناصر بازاحة المنغنيز من المركبات المغلفة مثل MnEDTA او مركبات اخرى وتعرضه الى عمليات التأكسد داخل التربة او عمليات اخرى تقلل من جاهزيته.

٥- الظروف الجافة

في الظروف الجافة لاتتحلل املاح المنغنيز مائياً وبذلك تكون اقل جاهزية. كذلك يزداد معدل عمليات الاكسدة في هذه الظروف فيتأكسد المنغنيز الثنائي التكافؤ الى منغنيز ثلاثي او رباعي التكافؤ فتقل بذلك جاهزيته.

٦- كذلك تؤدي درجات الحرارة المنخفضة

الى قلة المنغنيز الجاهز في التربة ، وهذا ربما يعود الى قلة تحرر المنغنيز الى محلول التربة ، وكذلك تؤدي شدة الضوء الواطئة الى ظهور اعراض نقص المنغنيز بسبب ازدياد طلب النبات لهذا العنصر.

11.3 الوظائف الحيوية للمنغنيز

يؤدي المنغنيز دوراً كبيراً ومؤثراً في كثير من العمليات الحيوية للنبات ومن اهم الوظائف الحيوية التي يشارك فيها المنغنيز هي :

١- مشاركته في نظام الانتقال الالكتروني في عملية التركيب الضوئي.
٢- نقصه يؤدي الى تلف تركيب الكلوروبلاست.
٣- يؤدي الى زيادة نشاط الانزيمات Oxidases.
٤- معظم الانزيمات في دورة TCA ومن ضمنها dehydrogenases تنشط بواسطته.
٥- يؤثر في تركيز منظم النمو Auxin في الانسجة النباتية ، اذ يقل هذا المنظم بوجود المنغنيز بتراكيز عالية سمية.
٦- يؤدي نقصه الى حصول زيادة غير طبيعية في IAA وخاصة في نبات القطن.

11.4 احتياج النبات لعنصر المنغنيز

تحتوي معظم الترب على مستويات مناسبة من المنغنيز الجاهز لنمو النبات ولهذا فإن اضافة المنغنيز تكون غير ضرورية في الظروف الاعتيادية. من هذا يتضح بأن هناك حاجة لكمية قليلة من هذا العنصر لمعظم النباتات. ولهذا فإن وجوده بكميات عالية تحدث السمية للنبات. ان تراكيز عنصر المنغنيز التي هي بين ٢٠ - ١٥٠ جزء بالمليون في انسجة النبات لمعظم المحاصيل المعروفة عند الطور الخضري تعد مناسبة ، ولكن التراكيز التي هي اقل من ٢٠ جزء بالمليون تشير الى وجود نقص بهذا العنصر في النبات. ان وجود ٢٠٠ جزء بالمليون من عنصر المنغنيز او اكثر في انسجة النباتات يعد تركيزاً عالياً قد يؤدي الى السمية لمعظم النباتات.

وتختلف النباتات من حيث احتياجاتها لعنصر المنغنيز وكذلك في امتصاصها لهذا العنصر، ومثال ذلك نبات الشوفان قد يحتوي على ٧٠٠ جزء بالمليون من المنغنيز في انسجته ولكن نبات التبغ في نفس التربة التي ينمو فيها نبات الشوفان قد يصل تركيز

المنغنيز في انسجته الى ٣٠٠٠ جزء بالمليون. ويجب ان نذكر كذلك بأن نبات الشوفان يستطيع مقاومة التراكيز العالية من المنغنيز التي تعد سامة لنبات التبغ عن طريق عدم امتصاصه من الجذور. ان نبات فول الصويا ومحاصيل الحبوب الصغيرة تكون كثيرة الاستجابة للمنغنيز المضاف، وذلك عندما يكون محتوى التربة من هذا العنصر غير ملائم وغير كافي للنمو الجيد، اما النباتات الذرة الصفراء، والحشائش والجت فتكون ذات استجابة واطئة.

ان تحليل النبات يساعد على التعرف على احتياجات النباتات المختلفة من عنصر المنغنيز، والجدول الآتي (جدول ٤٢) يوضح التراكيز الواطئة، الاعتيادية والمفرطة لعنصر المنغنيز في الانسجة النباتية لعدد من المحاصيل الزراعية المهمة مقاسة كجزء بالمليون.

الجدول (٤٢) مستويات المنغنيز في الانسجة النباتية لعدد من المحاصيل الزراعية مقاسة كجزء بالمليون (Brown and Hanson 1977)

المحصول	التراكيز الواطئة والتي تظهر اعراض النقص	التراكيزالاعتيادية	التراكيز المرتفعة
الذرة الصفراء	اقل من ١٩	٢٠ — ١٥٠	اعلى من ٢٠٠
القطن	اقل من ٣٠	٣١ — ٣٠٠	—
فول الصويا	اقل من ٢٠	٢١ — ١٠٠	اعلى من ٢٥٠
الجت	اقل من ٣٠	٣٠ — ١٠٠	اعلى من ٢٥٠
الحشائش	اقل من ٣٠	٣٠ — ١٥٠	—
محاصيل الحبوب	اقل من ١٠	١٠ — ١٠٠	—

يشير Bennett 1993 بان التراكيز الملائمة لعنصر المنغنيز في ورقة عرنوص الذرة الصفراء عند تكوينه لاعطاء نمو جيد هي ٢٠ — ١٥٠ جزء بالمليون اما عند مرحلة تكوين الورقة الثالثة او الرابعة للنبات فان التراكيز الملائمة من هذا العنصر في النبات ككل لغرض التحليل النباتي هي ٥٠ — ١٦٠ جزء بالمليون. اما في نبات الذرة البيضاء Sorghum فان التراكيز الخاصة بعنصر المنغنيز التي تشير الى حالة النقص او الحد الحرج عند تحليل

الانسجة النباتية للاوراق والنبات ككل عند مرحلة البادرات كمرحلة نمو للنبات هي ١٠ – ١٥ جزء بالمليون

اما التراكيز العالية والتي هي فوق حاجة النبات فهي اعلى من ٢٠٠ جزء بالمليون. والتراكيز الاعتيادية والزائدة لعنصر المنغنيز في نبات قصب السكر عند تحليل نصل اعلى ورقة من النبات هي على التوالي ١٢ – ١٠٠ جزء بالمليون واعلى من ١٠٠ جزء بالمليون. بالنسبة لنبات البنجر السكري فان التراكيز الحرجة والتراكيز التي تشير الى حالة النقص والملائمة لعنصر المنغنيز في نصل الاوراق هي على التوالي ١٠ جزء بالمليون و ٤ – ٢٠ جزء بالمليون و ٢٥ – ٣٦٠ جزء بالمليون، وفي نبات فستق الحقل فان الحد الحرج من عنصر المنغنيز في الاوراق هو ٢٠ جزء بالمليون.

اما بالنسبة لنباتي الخيار والرقي فان المستوى الملائم من عنصر المنغنيز في اوراق النبات الكامل النضج هو ١٠٠ – ٢٠٠ جزء بالمليون، وفي نبات البصل فان المستوى الملائم من عنصر المنغنيز هو ١٦ – ٢٤ جزء بالمليون. وعند تحليل اوراق نبات الطماطة عند مرحلة تكوين الثمار فان التراكيز الملائمة وتراكيز حالة النقص لعنصر المنغنيز هي على التوالي اعلى من ٣٥ جزء بالمليون وأقل من ٢٤ جزء بالمليون وفي نبات الفاصوليا فان التراكيز الملائمة لعنصر المنغنيز عند تحليل الورقة كاملة النضج قبل تكوين الازهار هي ٢٠ – ١٠٠ جزء بالمليون، وفي نبات البطاطا فان تراكيز حالة الحد الحرج وحالة النقص لعنصر المنغنيز في نصل اوراق النبات هي على التوالي ٢٥ جزء بالمليون و ٤ – ٢٥ جزء بالمليون.

اما بالنسبة للمحاصيل البستنية المثمرة فان التراكيز الاعتيادية وتراكيز حالة النقص لعنصر المنغنيز في اوراق اشجار التفاح هي على التوالي ٢٥ – ١٥٠ واقل من ٢٥ جزء بالمليون. وفي اوراق اشجار الكمثرى هي على التوالي ٢٠ – ١٧٠ جزء بالمليون واقل من ١٤ جزء بالمليون وفي اشجار الحمضيات فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر المنغنيز في اوراق هذه الاشجار هي على التوالي اقل من ١٩ جزء بالمليون و ١٩ – ١٠٠ جزء بالمليون. وفي اوراق اشجار الخوخ والنكتارين فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر المنغنيز هي على التوالي اقل من ٢٠ جزء بالمليون واعلى من ٢٠ جزء بالمليون. اما تراكيز حالة النقص الشديد والنقص الخفيف والتراكيز الملائمة وتراكيز الزيادة الخفيفة والزيادة الشديدة في نبات العنب عند تحليل نصل الاوراق للتحري عن عنصر المنغنيز هي على التوالي اقل من ٢٠ جزء بالمليون و ٢٠ – ٣٠ جزء بالمليون و ٣١ – ٢٠٠ جزء بالمليون و ٢٠١ – ٥٠٠ جزء بالمليون واكثر من ٥٠٠ جزء بالمليون.

11.5 اعراض نقص المنغنيز

لا يكون المنغنيز نسبياً سهل الحركة داخل النبات. ولهذا فإن اعراض نقصه تظهر اولاً في الاوراق الحديثة التكوين. وتشابه اعراض نقصه اعراض المغنيسيوم، إذ في كلا الحالتين يحدث الاصفرار في العروق الوسطى للاوراق. في النباتات ذوات الفلقتين في اكثر الاحيان تظهر بقع صُفْر صغيرة على الاوراق. وفي النباتات ذوات الفلقة الواحدة وخاصة في نبات الشوفان تظهر اعراض نقص العنصر في الجزء القاعدي للورقة وذلك بوجود بقع او خطوط ذات لون اخضر مشيب. أما اعراض التركيز العام للمنغنيز تتميز بشكل عام ببقع بنيّة اللون في الاجزاء القديمة من النبات وتوزيع غير منتظم للكلوروفيل.

11.6 اسمدة المنغنيز

من اهم اسمدة المنغنيز هي :

١ – كبريتات المنغنيز تحتوي على ٢٦ – ٢٨ ٪ منغنيز ($MnSO_4$)

٢ – اوكسيد المنغنيز يحتوي على ٤١ – ٦٨ ٪ منغنيز (MnO)

٣ – سماد مغلف يحتوي على ١٢ ٪ منغنيز (MnEDTA)

ملاحظات مهمة حول التسميد بعنصر المنغنيز

١ – يفضل اضافة كبريتات المنغنيز الى الترب الكلسية وذلك قريباً من النبات وليس بطريقة النثر لتقليل عمليات اكسدة المنغنيز.

٢ – يفضل اضافة كبريتات المنغنيز بدلاً من الاسمدة المغلفة وذلك لكون كبريتات المنغنيز اكثر تأثيراً.

٣ – يفضل اضافة المنغنيز بطريقة الرش على النبات في الترب الكلسية العضوية.

الفصل الثاني عشر

12.0 البورون

12.1 بورون التربة ومصادره

يعد عنصر البورون (B) من العناصر الغذائية الصغرى والضرورية لنمو النبات. يوجد البورون في معظم الترب بكميات قليلة تتراوح مابين ٧– ٨٠ جزء بالمليون، ولا يوجد بتراكيز عالية سامة في الترب الجافة الا اذا اضيفت الى التربة بكميات كبيرة مع الاسمدة الكيمياوية. يوجد البورون بصورة رئيسة في التربة على شكل حامض البوريك (H_3BO_3) او على شكل بورات في محلول التربة او مدمصة الى جزيئات التربة. والمعادن التي تحتوي على البورون في التربة هي :

– البورات المائية وتضم :

Borax	$Na_2B_4O_7.10H_2O$
Kernite	$Na_2B_4O_7.4H_2O$
Colemanite	$Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$
Ulexite	$NaCaB_5O_9.8H_2O$

– البورات اللامائية وتضم :

Ludwigite	Mg_2FeBO_5
Kotoite	$Mg_3(BO_3)_2$

– سليكات البورون المعقدة وهذه تضم معدن **Tourmaline**

وهو معدن مقاوم لعمليات التجوية ولهذا فإنه لايشارك في مستوى بورون التربة القابل للذوبان. إن الترب الغنية بالطين يكون محتواها من البورون القابل للذوبان بالماء قليلاً وهي بدورها اقل من كمية البورون الموجودة في الترب الخفيفة من حيث المحتوى من

البورون الكلي. ان محتوى الترب الجافة وشبه الجافة من البورون بصورة عامة اعلى من محتوى ترب المناطق الرطبة. في ظروف عمليات الغسل يفقد البورون بسهولة من مقد التربة.

يوجد بورون التربة على شكل ذائب في محلول التربة وشكل مدمص على سطوح الطين ومادة الدبال واعلى ادمصاص للبورون يحصل عند درجات تفاعل للتربة مابين ٧-٩. معظم البورون الصالح والجاهز للنبات يوجد في الجزء العضوي من التربة، اذ انه عند تحلل المادة العضوية يتحرر البورون الى محلول التربة.

12.2 العوامل التي تشارك في انخفاض جاهزية البورون وظهور اعراض النقص على النبات

وبصورة عامة يمكن للعوامل التالية ان تشارك في نقص عنصر البورون في النبات، وهذه العوامل اما خاصة بالتربة او خاصة بالظروف المناخية:

١- الترب ذات المحتوى الواطيء من البورون وهذه تشمل عدة ترب منها:

- alluvials وهي الترب المتطورة من الترسبات النهرية ومادة الاصل لها فقيرة بعنصر البورون بسبب فقدانه مع حركة الماء.
- podzols وهي الترب المتكونة تحت الظروف الباردة المعتدلة الى المعتدلة وكذلك تحت الظروف الرطبة.
تمتاز هذه الترب بأنها تكونت في ظروف الغسل الشديد فتغسل معظم العناصر ومن ضمنها البورون.
- الترب العضوية العائدة الى Histosols المشبعة بالماء والمعرضة الى عمليات البزل وذات النسجة الخشنة.
- regosols وهي التربة المتكونة من معادن مترسبة رخوة غير متماسكة او عليها، مثل الرمل. مثل هذه الترب تكون حرة البزل ومعرضة لعمليات الغسل.
- Haplaquepts وهي الترب التي تحتوي على نباتات الغابات الخُضْر، وهي ترب صودية ذات درجة تفاعل عالية تؤدي الى قلة ذوبان مركبات البورون فتقل كميته الجاهزة.

٢- ترب المناطق ذات المعدلات المتوسطة والغزيرة من الامطار.

٣- ترب ذات درجة تفاعل متعادلة او قاعدية ، اذ في مثل هذه الترب يزداد ادمصاص البورون واعلى ادمصاص يحصل بين درجة تفاعل ٧- ٩ ، وتقل درجة ذوبان مركبات البورون اضافة الى تفاعل البورون مع الاكاسيد الثلاثية في مثل هذه الترب فتقل جاهزيته.

٤- الظروف الجافة وخاصة في فصل الصيف حيث فترة الجفاف الطويلة التي تكون فيها حركة البورون معدومة تقريباً ، درجة ذوبانه واطئة جداً بسبب قلة الرطوبة.

٥- الترب ذات المحتوى العالي من الطين تعاني من نقص البورون بسبب زيادة معدل ادمصاص معادن الطين للبورون.

ان مستويات البورون الذائب في ترب المناطق الرطبة يتراوح بين ٠,٠٥- ٢,٥ جزء بالمليون ، اما ترب المناطق الجافة فقد تحتوي على اكثر من ٥ أجزاء بالمليون من البورون الذائب. وتؤدي نسجة التربة دوراً كبيراً في محتوى التربة من البورون ، الجدول الآتي (٤٣) يوضح تأثير النسجة على محتوى ترب ولايتي الباما والمسسبي في امريكا. اما

الجدول (٤٣) تأثير نسجة التربة على بورون التربة الذائب في الماء الحار عند التقدير جزءاً بالمليون

النسجة	الباما	المسسبي	
		التلال	منطقة الدلتا
اتربة طينية	٠,١٥٥	٠,١٣٠	٠,٧٦
اتربة مزيجية سلتية	٠,١٣٠	٠,٠٩٥	٠,٤٨
اتربة مزيجية رملية	٠,٠٨٥	٠,٠٨٦	٠,٣٦
اتربة رملية	٠,٠٣٢	-	-

مستويات البورون في الترب العراقية (مرتضى وآخرون ١٩٨٦) للمناطق الشمالية الغربية والجنوبية في محافظة نينوى تراوحت بين ٠,٣٦- ١,٢١ جزء بالمليون عند استخلاصه من التربة بالماء الحار وبين ٨,٢٥- ٢٩,٦٠ جزء بالمليون عند استخلاصه بالحامض.

12.3 الوظائف الحيوية للبورون

يؤدي البورون دوراً كبيراً في العمليات الحيوية للنبات ومن اهم الوظائف هي :

١ - البورون يسهل وييسّر عملية انتقال السكريات في النبات حيث يتفاعل مع السكريات مكوناً معقد السكر مع البورون ، وهذا المعقد تكون حركته من خلال الاغشية الخلوية اسهل من حركة جزيئات السكر لوحدها وهذا ربما يعود الى تكون مناطق او نقاط استقبال للسكر في النموات الحديثة او لكون البورون ربما يعد احد مكونات الاغشية النباتية .

٢ - يساعد ويحفز تكون المركبات الفينولية .

٣ - البورون ضروري في تكوين خلايا النبات .

٤ - البورون ذو اهمية كبيرة في تكوين الاحماض النووية حيث ان نقص البورون يؤدي الى حصول نقص في محتوى النبات من RNA . كذلك يحفز البورون العمليات الحيوية لـ RNA .

٥ - نقص البورون يؤدي الى تجمع النترات في النبات وقلة تكون البروتينات بسبب انخفاض معدل اختزال النترات وتكون الاحماض الامينية .

٦ - تنظيم النشاط الانزيمي .

٧ - تنظيم تكون ونشاط الهرمونات النباتية ، اذ ان نقص البورون يقلل من تكون هرمون النمو cytokinins ولكن نقص البورون يزيد من تجمع هرمون النمو Auxin بكميات كبيرة تؤثر سلبياً في نمو النبات اذ انها تؤدي الى حدوث الموت الموضعي للانسجة النباتية .

12.4 احتياج النبات لعنصر البورون

تختلف النباتات فيما بينها من حيث احتياجها لعنصر البورون واستناداً الى هذا يمكن تقسيم النباتات من حيث احتياجها لهذا العنصر الى :

١ - النباتات الحساسة لنقص عنصر البورون وهذه تضم نباتات البنجر السكري وشمندر الماشية ونبات الكرفس .

٢ - النباتات ذات الاحتياج العالي لعنصر البورون وهذه تضم نباتات اللفت ، والقرنبيط ، واللهانة والجت ، وبصورة عامة النباتات ذوات الفلقتين تحتاج الى كميات اكبر من البورون من نباتات الفلقة الواحدة .

٣- النباتات الحساسة لزيادة عنصر البورون. في هذا المجال لا ينصح باضافة البورون الى محاصيل الحبوب ونبات فول الصويا لحساسية هذه النباتات لعنصر البورون وربما يؤدي هذا العنصر الى حدوث سمية في النبات.

الترب الحامضية التي تحتاج الى الجبر لا تحتاج باستمرار الى عنصر البورون، ولكن عندما يضاف الجير الى الترب الحامضية حسب الحاجة فسوف تستجيب لاضافة البورون وخاصة عندما تكون النباتات النامية في مثل هذه الترب هي الجت او البقوليات الاخرى. وهناك عدد من المؤشرات تؤكد ان الاتربة ذات المحتوى العالي من الفسفور تحتاج الى عنصر البورون. ان نقص عنصر البورون في المحاصيل لا يرتبط فقط بمحتوى التربة من هذا العنصر بل يتأثر ايضاً بدرجة تفاعل التربة، ونوعية النبات وصنفه والمادة العضوية للتربة ومحتوى التربة من العناصر الغذائية. ان الاضافات المتزايدة من الاسمدة البوتاسية وخاصة بورات البوتاسيوم الثلاثية تزيد من جاهزية مركبات بورون التربة. وقد ذكرنا سابقاً ان نسبة محتوى البورون الكلي في النبات تنخفض بارتفاع درجة تفاعل التربة. ان احتياجات المحاصيل والخضراوات المختلفة لمستويات البورون الجاهزة في التربة موجودة في الجدول (٤٤) كذلك يمكن الاستدلال عن احتياج النبات لعنصر البورون عن طريق التحليل النباتي والجدولان الآتيان (٤٥، ٤٦) توضح محتوى انسجة النباتات المختلفة من عنصر البورون حسب التراكيز التي يمكن الاستفادة منها عند وضع الخطة التسميدية.

الجدول (٤٤) عدد من محاصيل الحبوب والخضر والفاكهة مقسمة حسب احتياجها لعنصر البورون، ومستويات بورون التربة الجاهز للحصول على اعلى انتاج

احتياج عال اعلى من ٠,٥ جزء بالمليون	احتياج متوسط ٠,١ - ٠,١٥ جزء بالمليون	احتياج منخفض اقل من ٠,١ جزء بالمليون
التفاح	الجزر	الشعير
الجت	القطن	الفاصوليا، اللوبيا
الهليون	الخس	الحمضيات
الشوندر	البرسيم (حبوب)	البرسيم (اعلاف)
الكرفس	فستق العبيد	الذرة الصفراء
النباتات الصليبية	الخوخ	الاعلاف العشبية
عباد الشمس	جوز البكان	محاصيل الحبوب الصغيرة
	البطاطا الحلوى	فول الصويا
	التبغ	القريز
	الطماطة	

الجدول (٤٥) محتوى انسجة المحاصيل الحقلية من البورون جزءاً بالمليون (Turner 1976)

المحصول	نقص	منخفض	اعتيادي	عال	مفرط
الذرة الصفراء	صفر – ٣	٤ – ٥	٦ – ٢٥	٢٦ – ٦٠	+ ٦٠
فول الصويا	صفر – ١٠	١١ – ٢٠	٢١ – ٨٠	٨١ – ١٠٠	+ ١٠٠
الجت	صفر – ١٥	١٦ – ٣٠	٣١ – ٨٠	+ ٨١	–
الحنطة	صفر – ٣	٤ – ٦	٧ – ٢٥	٢٦ – ١٠٠٠	+ ١٠٠٠
القطن	صفر – ١٦	صفر – ٢٠	٢١ – ٨٠	٨١ – ٢٠٠	+ ٢٠٠
التبغ	صفر – ١٠	١١ – ٢٠	٢١ – ١٠٠	+ ١٠٠	–
البنجر السكري	صفر – ١٠	١١ – ٢٠	٢١ – ٥٠	+ ٥٠	–
البطاطا	–	–	١٠ – ٤٠	–	–
الطماطة	–	صفر – ٣٠	٣١ – ٩٠	٩١ – ٢٥٠	+ ٢٥٠

الجدول (٤٦) محتوى أنسجة محاصيل الخضر والفاكهة من البورون جزءاً بالمليون (Turner 1976)

المحصول	نقص	منخفض	اعتيادي	عال	مفرط
الشوندر الأحمر	١٥	–	٢٧ – ٨٣	–	–
الكرنب أو الملفوف	–	–	٧٠	–	–
اللهانة	٥ – ١٨	–	٢٢ – ٥٥	–	–
القرنبيط	–	–	٣٦	–	–
الجزر	صفر – ١٦	–	٣٢ – ٢٠٤	–	–
الكرفس	صفر – ١٥	–	٢٧ – ٤٨	–	–
الخس	–	–	٢٧ – ٤٣	–	+ ٧٠
فستق العبيد	صفر – ٢٥	–	–	–	–
الفجل	٨ – ٣٣	–	١٩ – ١٩٥	–	–
الحمضيات	صفر – ١٥	١٦ – ٤٠	٤١ – ١٥٠	١٥١ – ٢٥٠	+ ٢٥٠
التفاح	صفر – ٢٠	٢١ – ٢٨	٢٩ – ٥٠	+ ٥٠	–
الخوخ	صفر – ٢٠	٢١ – ٢٥	٢٦ – ٥٠	+ ٥٠	–
الاجاص	صفر – ٢٠	٢١ – ٣٠	٣١ – ٥٠	+ ٥٠	–
الأعناب	–	صفر – ٢٥	٢٦ – ٥٠	+ ٥٠	–

ان عنصر البورون نسبياً غير متحرك داخل النبات ولهذا فأن أعراض نقصه تظهر أولاً في الأجزاء العليا والنموات الحديثة للنبات. وأعراض نقص البورون بصورة عامة هي ظهور نمو غير طبيعي أو معاق للأجزاء الهوائية النامية وتكون الأوراق حديثة التكوين في أكثر الأحيان سميكة، ومشوهة ومنكمشة ويغلب عليها اللون الأخضر المزرق والغامق، وربما يظهر أيضاً اللون الاصفر غير المنتظم بين العروق. عند تقدم النقص تصبح الأوراق والسيقان ضعيفة وقابلة للكسر، وأيضاً يحصل موت للنموات الطرفية ويعاق تكون الأزهار والثمار وفي بعض الحالات ينعدم تكونها.

يشير (Bennett 1993) بان التراكيز الملائمة لعنصر البورون في ورقة عرنوص الذرة الصفراء عند تكوينه لاعطاء نمو جيد هي ٤ – ٢٥ جزء بالمليون أما عند مرحلة تكوين الورقة الثالثة أو الرابعة للنبات فان التراكيز الملائمة من هذا العنصر في النبات ككل لغرض التحليل النباتي هي ٧ – ٢٥ جزء بالمليون.

اما في نبات الذرة البيضاء (Sorghum) فان التراكيز الخاصة بعنصر البورون التي تشير الى حالة النقص او الحد الحرج عند تحليل الانسجة النباتية للاوراق والنبات ككل عند مرحلة البادرات كمرحلة نمو للنبات هي ٣ – ٧ جزء بالمليون، اما التراكيز العالية والتي هي فوق حاجة النبات فهي اعلى من ٣٥ جزء بالمليون.

والتراكيز الحرجة والاعتيادية لعنصر البورون في نبات قصب السكر عند تحليل نصل اعلى ورقة من النبات هي على التوالي ٤ جزء بالمليون واعلى من ٤٥ جزء بالمليون.

بالنسبة لنبات البنجر السكري فان التراكيز الحرجة والتراكيز التي تشير الى حالة النقص والملائمة لعنصر البورون في نصل الاوراق هي على التوالي ٢٧ جزء بالمليون و١٢ – ٤٠ جزء بالمليون، و٣٥ – ٢٠٠ جزء بالمليون وفي نبات فستق الحقل فان الحد الحرج من عنصر البورون في الاوراق هو ٢٠ جزء بالمليون.

اما بالنسبة لنباتي الخيار والرقي فان المستوى الملائم من عنصر البورون في اوراق النبات الكامل النضج هو ٨٠ – ١٠٠ جزء بالمليون، وفي نبات البصل فان المستوى الملائم من عنصر البورون هو ١٠ جزء بالمليون.

وعند تحليل اوراق الطماطة عند مرحلة تكوين الثمار فان التراكيز الملائمة وتراكيز حالة النقص لعنصر البورون هي على التوالي اعلى من ٢٥ جزء بالمليون واقل من ١٥ جزء بالمليون.

وفي نبات الفاصوليا فان التراكيز الملائمة لعنصر البورون عند تحليل الورقة كاملة النضج قبل تكوين الازهار هي ١٥ – ٥٠ جزء بالمليون ، وفي نبات البطاطا فان تراكيز حالة الحد الحرج وحالة النقص لعنصر البورون في نصل اوراق النبات هي على التوالي ٢٠ جزء بالمليون و ١,٢ – ٢٠ جزء بالمليون .

اما بالنسبة للمحاصيل البستنية المثمرة فان التراكيز الاعتيادية وتراكيز حالة النقص لعنصر البورون في اوراق اشجار التفاح هي على التوالي ٢٠ – ٦٠ واقل من ٢٠ جزء بالمليون . وفي اوراق اشجار الكمثرى هي على التوالي ٢٠ – ٦٠ جزء بالمليون واقل من ١٥ جزء بالمليون . وفي اشجار الحمضيات فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر البورون في اوراق هذه الاشجار هي على التوالي اقل من ٢٥ جزء بالمليون و ٢٥ – ٢٠٠ جزء بالمليون .

وفي اوراق اشجار الخوخ والنكتارين فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر البورون هي على التوالي اقل من ١٨ جزء بالمليون و ٢٠ – ٨٠ جزء بالمليون . اما تراكيز حالة النقص الشديد والنقص الخفيف والتراكيز الملائمة وتراكيز الزيادة الخفيفة والزيادة الشديدة في نبات العنب عند تحليل نصل الاوراق للتحري عن عنصر البورون هي على التوالي اقل من ١٥ جزء بالمليون و ١٥ – ٢٥ جزء بالمليون و ٢٦ – ٤٠ جزء بالمليون و ٤١ – ٦٠ جزء بالمليون واعلى من ٦٠ جزء بالمليون .

12.5 أسمدة البورون

من أهم أسمدة البورون المستعملة والمنتشرة في الأسواق هي :

١ – بورات الكالسيوم :

سماد بورات الكالسيوم ($Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$) بلورات محلية بيّض يعرف بسماد Colemanite . هذا السماد صعب الذوبان في الماء ولكنه يذوب في الحوامض الخفيفة ويحتوي على ١٠٪ بورون .

٢ – بورات المغنيسيوم :

سماد بورات المغنيسيوم ($2Mg_3B_8O_{15}.MgCl_2$) بلورات ذات لون أبيض مائل الى الرمادي يعرف بسماد boracite ، وهذا السماد أيضاً صعب الذوبان بالماء ولكنه يذوب في الحوامض الخفيفة ، ويحتوي على ٢١٪ بورون .

٣- بورات الصوديوم
سماد بورات الصوديوم ($Na_2B_4O_7.10H_2O$)

مسحوق ملحي أبيض اللون وهو أكثر أسمدة البورون استعمالاً في أميركا ويعرف هذا السماد بالبوراكس Borax ويحتوي على ١١٪ بورون. هذا السماد قابل للذوبان بالماء وهو بذلك معرض للفقد من التربة عن طريق عمليات الغسل.

٤- سماد Pyrobor

هذا السماد يعرف بالسماد بورات ٤٦ ويصنع من البوراكس ويحتوي على ٤٦٪ B_2O_3 (١٤٪ بورون)، ويوجد على شكل حبيبات كبيرة أو صغيرة الحجم وهو ذو لون رمادي خفيف وربما يعود هذا اللون الى كون هذا السماد مغلفاً بمادة الطين من أجل المحافظة عليه بصفات فيزياوية جيدة.

٥- سماد Anhydrous borax

هذا السماد يعرف بالسماد بورات ٦٥ ويصنع أيضاً من البوراكس ويحتوي على ٦٥٪ B_2O_3 (٢٠,٢٪ بورون). وهو بلوري ذو لون أصفر براق وحبيباته بحجم حبيبات الرمل، ويعد أرخص الأسمدة الكيمياوية المصنعة لعنصر البورون وذا محتوى عال من البورون.

٦- سماد Solubor

هذا السماد مسحوق أبيض اللون يصنع من تكرير وتنقية سماد Borax 65 ويحتوي على ٦٦٪ B_2O_3 (٢٠,٥٪ بورون). ويستعمل في أكثر الأحيان مع الأسمدة السائلة أو يضاف عن طريق الرش أو التغبير.

٧- حامض البوريك

هذا السماد ذو قابلية ذوبان بالماء ويحتوي ١٧٪ بورون. يصنع حامض البوريك من حامض الكبريتيك والبوراكس كما في المعادلة الآتية:

$$Na_2B_4O_7 + H_2SO_4 + 5H_2O \longrightarrow Na_2SO_4 + 4H_3BO_3$$

الفصل الثالث عشر

13.0 الزنك

13.1 زنك التربة ومصادره

يوجد عنصر الزنك (الخارصين Zn) في الترب بمعدلات تتراوح بين ١٠ – ٣٠٠ جزء بالمليون في المعادن المختلفة للتربة. من المعادن الأولية المهمة التي تضم الزنك في صفائحها هي:

١ – الكبريتيدات وتضم المعدن (ZnS)Sphalerite
٢ – الكاربونات وتضم المعدن ($ZnCO_3$)Smithsonite
٣ – السليكات وتضم المعدن ($Zn_4(OH)_2Si_2O_7.H_2O$)Hemimorphite

كذلك يوجد الزنك بالاضافة الى وجوده في المعادن الأولية في معادن الطين الثانوية أو المادة العضوية بصورة متبادلة. ان تحرر الزنك من المعادن الأولية والمعادن الثانوية ومادة التربة العضوية هو الذي يكون زنك محلول التربة. ان كمية الزنك في محلول التربة أي الزنك الذائب الناتج من عمليات التجوية للمعادن الأولية أو المتحرر من المعادن الثانوية قليلة جداً مقارنة بكمية الزنك الكلي للتربة، وهذا يعود الى وجود عوامل كثيرة تقلل من كمية الزنك الجاهز للامتصاص من لدن النبات.

13.2 العوامل التي تشارك في انخفاض جاهزية الزنك وظهور أعراض النقص على النبات

من العوامل المهمة التي تؤدي الى تقليل كمية الزنك الجاهز في التربة والتي تسبب بظهور أعراض النقص على النبات هي:

١– درجة تفاعل التربة يلحظ بصورة عامة أن الزنك أكثر جاهزية في الترب الحامضية منه في الترب القاعدية. وهذا يعود الى عدد من الأسباب منها: أن ارتفاع درجة تفاعل التربة تؤدي الى زيادة شدة ادمصاص الزنك الى المعدن goethite (نوع من

أكاسيد الحديد المائية) وهذا يؤدي الى تقييد حركة الزنك في الترب القاعدية وأحياناً في الترب المتعادلة. كذلك عند ارتفاع درجة تفاعل التربة يقل معدل ذوبان المركبات الحاوية على الزنك وخاصة عندما تكون كمية كاربونات الكالسيوم عالية.

٢ – في الترب المعدنية : تكون الطبقة السطحية للتربة أكثر محتوى من الزنك الجاهز من الطبقة تحت السطحية للتربة وهذا يعود الى العلاقة الواضحة بين الزنك الجاهز والمادة العضوية للتربة السطحية الناتجة من تحلل بقايا النبات. ومن هذا يتضح ان أية عملية تسوية أو قشط للتربة وكذلك عمليات التعرية المائية والريحية تؤدي الى جرف التربة السطحية، وبذلك يقل محتوى التربة من الزنك الجاهز.

٣ – المستويات العالية من عنصر الفسفور في التربة: تظهر أعراض نقص الزنك في الترب الغنية بعنصر الفسفور، وهذا يحصل اعتيادياً عند الاضافات الكبيرة من الأسمدة الفوسفاتية، وخاصة عندما توضع قرب النبات أو على خطوط. التراكيز العالية من الفسفور قريباً من المحور الجذري للنبات تعمل على :

- بطء انتقال الزنك من الجذور الى اجزاء النبات العليا مما يؤدي الى تجمع الزنك في الجذور.
- التراكيز العالية من الفسفور تتداخل مع الوظائف الحيوية للزنك.

٤ – انخفاض درجة الحرارة وانضغاط التربة يؤدي الى ظهور أعراض نقص الزنك على النبات في عدد من المناطق وذلك بسبب تأثير هذه الظروف في نمو الجذور، إذ تؤدي الى ضعف النمو للجذور الذي يؤدي بدوره الى قلة امتصاص العناصر الغذائية. ويؤدي انخفاض درجة الحرارة أيضاً الى انخفاض معدل تحرر الزنك من المادة العضوية نتيجة قلة نشاط الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن تحلل المادة العضوية.

٥ – الأمطار الغزيرة تؤدي الى فقدان عنصر الزنك نتيجة عمليات الغسل مما يؤدي الى ظهور أعراض النقص.

٦ – يقل الزنك الجاهز للامتصاص من لدن النبات في التربة الرملية ذات المحتوى الواطيء من المادة العضوية. ان انخفاض محتوى التربة من المادة العضوية يؤدي بصورة عامة الى انخفاض معدل تغليف عنصر الزنك مما يعرضه الى عمليات تكون المركبات غير الجاهزة للذوبان والامتصاص من لدن النبات.

٧- اضافة الى ماذكر فهناك عامل أساس ورئيس له علاقة بمحتوى التربة من الزنك وهذا العامل هو مادة الأصل للتربة واحتواؤها على المعادن الأولية الحاوية على عنصر الزنك. ففقر مادة الأصل الى عنصر الزنك يؤدي الى انخفاض مستويات الزنك في التربة.

13.3 الوظائف الحيوية للزنك

يؤدي الزنك دوراً كبيراً في العديد من الوظائف الحيوية. ومن أهم الوظائف التي يقوم بها هذا العنصر الذي يعد من العناصر الضرورية لنمو النبات هي:

١- إنه يدخل في تركيب وتكوين عدد من الأنزيمات مثل dehydrogenases و proteinases و peptidases.

٢- ويعمل على تحفيز عدد من الأنزيمات منها أنزيم enolase وأنزيم Carbonic anhydrase الذي يوجد في الكلوروبلاست ويعمل منظّماً للرقم الهايدروجيني للخلية ويمنع بذلك تغيير طبيعة البروتينات.

٣- ويشترك في تكوين النشاء وتنشيط أنزيم النشاء الذي هو starch synthetase.

٤- ويساعد في استطالة ساق النبات وتحفيز عمل منظّم النمو Auxin، ويعتقد ان الزنك ضروري في تكوين مادة tryptophan التي تؤثر بدورها في نشاط منظم النمو، وكذلك يؤثر الزنك في نشاط الأنزيمات التي تؤثر هي أيضاً في نشاط منظم النمو وهي Tryptophan synthetase. وكذلك له علاقة بالعمليات الحيوية لمادة tryptamine، التي تؤثر في نشاط منظم النمو.

٥- يحفز تكون سايتوكروم C ويحافظ على ثبات أجزاء الرايبوسومات.

13.4 احتياج النبات لعنصر الزنك

ان محتوى معظم الترب من الزنك يزيد عما تحتاجه النباتات منه ولكن جاهزيته هي العامل المحدد والمهم. ان التحليل النباتي لعنصر الزنك يساعد على وضع الخطة التسميدية لمختلف النباتات، ومن الدراسات والبحوث وجدت المستويات الآتية الملائمة لطائفة من المحاصيل الزراعية من عنصر الزنك ومن هذه المحاصيل: الذرة الصفراء، والذرة البيضاء، وفول الصويا:

- إن أقل من ٢٠ جزء بالمليون زنك في أنسجة النبات ربما يؤدي الى ظهور أعراض النقص.

- ٢١ - ٧٠ جزء بالمليون تراكيز ملائمة
- ٧١ - ١٥٠ جزء بالمليون تراكيز عالية.
- أعلى من ١٥٠ جزء بالمليون هي تراكيز قد تؤدي الى السمية.

ان النباتات تختلف فيما بينها من حيث حساسيتها لعنصر الزنك. ولقد وجد أن نباتات الشوفان، والحنطة، والشعير والزوان وكذلك الأعشاب انما هي نباتات غير حساسة أما نباتات البطاطا، والطماطا، والبنجر السكري والجت فهي نباتات متوسطة الحساسية. أما النباتات الكثيرة الحساسية لنقص الزنك فهي الذرة الصفراء، والكتان والباقلاء والجدول الآتي (٤٧) يصنف النباتات بحسب حساسيتها لعنصر الزنك.

الجدول (٤٧) تصنيف النباتات بحسب حساسيتها لمحتوى التربة من الزنك.

كثيرة الحساسية	متوسطة الحساسية	غير حساسة
الفاصوليا	الجت	اسبركس
الذرة الصفراء	الشوندر	الشعير
الكتان	البرسيم	الجزر
العنب	القطن	الكرفس
الخوخ	البصل	الأعشاب
البكان	البطاطا	الشوفان
فول الصويا	فستق العبيد	البازلاء
شجر التانغ	الذرة البيضاء	الحنطة
	العشب السوداني	
	الطماطة	

يشير (Bennett 1993) بان التراكيز الملائمة لعنصر الزنك في ورقة عرنوص الذرة الصفراء عند تكوينه لاعطاء نمو جيد هي ٢٠ - ٧٠ جزء بالمليون أما عند مرحلة تكوين الورقة الثالثة أو الرابعة للنبات فان التراكيز الملائمة من هذا العنصر في النبات ككل لغرض التحليل النباتي هي ٢٠ - ٥٠ جزء بالمليون.

اما في نبات الذرة البيضاء (Sorghum) فان التراكيز الخاصة بعنصر الزنك التي تشير الى حالة النقص او الحد الحرج عند تحليل الانسجة النباتية للاوراق والنبات ككل عند مرحلة البادرات كمرحلة نمو للنبات هي ٩ - ١٥ جزء بالمليون ، اما التراكيز العالية والتي هي فوق حاجة النبات فهي اعلى من ١٥٠ جزء بالمليون.

والتراكيز الحرجة والاعتيادية لعنصر الزنك في نبات قصب السكر عند تحليل نصل اعلى ورقة من النبات هي على التوالي ١٥ جزء بالمليون و ١٦ - ٣٢ جزء بالمليون.

وبالنسبة لنبات البنجر السكري فان التراكيز الحرجة والتراكيز التي تشير الى حالة النقص والملائمة لعنصر الزنك في نصل الاوراق هي على التوالي ٩ جزء بالمليون و ٢ - ١٣ جزء بالمليون ، و ١٠ - ٨٠ جزء بالمليون وفي نبات فستق الحقل فان الحد الحرج من عنصر الزنك في الاوراق هو ٢٠ جزء بالمليون.

اما بالنسبة لنباتي الخيار والرقي فان المستوى الملائم من عنصر الزنك في اوراق النبات الكامل النضج هو ٥٠ - ١٥٠ جزء بالمليون ، وفي نبات البصل فان المستوى الملائم من عنصر الزنك هو ٢٢ - ٣٢ جزء بالمليون.

وعند تحليل اوراق نبات الطماطة عند مرحلة تكوين الثمار فان التراكيز الملائمة وتراكيز حالة النقص لعنصر الزنك هي على التوالي اعلى من ١٥ جزء بالمليون واقل من ١٠ جزء بالمليون.

وفي نبات الفاصوليا فان التراكيز الملائمة لعنصر الزنك عند تحليل الورقة كاملة النضج قبل تكوين الازهار هي ٢٠ - ٧٠ جزء بالمليون ، وفي نبات البطاطا فان تراكيز حالة الحد الحرج وحالة النقص لعنصر الزنك في نصل اوراق النبات هي على التوالي ٢٠ جزء بالمليون و ٨ - ٢٠ جزء بالمليون.

اما بالنسبة للمحاصيل البستنية المثمرة فان التراكيز الاعتيادية وتراكيز حالة النقص لعنصر الزنك في اوراق اشجار التفاح هي على التوالي ١٥ - ٢٠٠ واقل من ١٥ جزء بالمليون. وفي اوراق اشجار الكمثرى هي على التوالي ٢٠ - ٦٠ جزء بالمليون واقل من ١٦ جزء بالمليون. وفي اشجار الحمضيات فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر الزنك في اوراق هذه الاشجار هي على التوالي اقل من ١٩ جزء بالمليون و ١٩ - ٥٠ جزء بالمليون.

وفي اوراق اشجار الخوخ والنكتارين فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر الزنك هي على التوالي اقل من ١٥ جزء بالمليون واعلى من ٢٠ جزء بالمليون. اما تراكيز حالة النقص الشديد والنقص الخفيف والتراكيز الملائمة وتراكيز الزيادة الخفيفة والزيادة الشديدة في نبات الذ ، عند تحليل نصل الاوراق للتحري عن عنصر الزنك هي على التوالي اقل من ٢٠ جزء بالمليون و ٢٠-٣٠ جزء بالمليون و ٣١-١٥٠ جزء بالمليون و ١٥١-٤٠٠ جزء بالمليون واعلى من ٤٥٠ جزء بالمليون.

13.5 أعراض نقص الزنك

ان عنصر الزنك بطيء الحركة داخل الأنسجة النباتية لذلك فأن عملية توزيعه على أجزاء النبات ليست سهلة وغير سريعة. وهذا مما يؤدي الى ظهور أعراض النقص في بداية الأمر على الأجزاء العليا والحديثة للنبات. النباتات التي تعاني من نقص الزنك يظهر اللون الأصفر في أكثر الأحيان على العروق الوسطية للورقة، وبقية مساحة الورقة تكون ذات لون أخضر شاحب وأصفر بل وأبيض. في النباتات ذوات الفلقة الواحدة– وخاصة الذرة الصفراء– تتكون حزم صفراء اللون على أي جانب من جوانب العرق الوسطي الرئيس للورقة. في اشجار الفاكهة تتكون في نهاية الجزء العلوي للشجرة أوراق صغيرة صلبة على شكل مجاميع أو على شكل متورد. وفي أكثر الأحيان الأجزاء العليا تبدأ بالموت وتتساقط الأوراق قبل اكتمال نموها.

13.6 أسمدة الزنك

ان من اهم الأسمدة الحاوية على عنصر الزنك والواسعة الاستعمال هي.

- ZnEDTA وهذا السماد يحتوي على ٦٪ زنك
- $Na_2ZnEDTA$ وهذا السماد يحتوي على ١٤٪ زنك
- NaZnNTA وهذا السماد يحتوي على ١٣٪ زنك
- NaZnHEDTA وهذا السماد يحتوي على ٩٪ زنك
- وهناك أسمدة مخلبية أخرى مثل ZnHEEDA و ZnEDDHA

٢- كبريتات الزنك

ان سماد كبريتات الزنك ($ZnSO_4.H_2O$) من أهم الأسمدة الحاوية على الزنك التي تضاف بطريقة الرش. وكذلك يمكن استعمال هذا السماد بعد خلطه بالأسمدة الصلبة. ان

$ZnSO_4.H_2O$ (Zinc sulfate monohydrate) يحتوي على ٣٥٪ زنك ، أما $ZnSO_4.7H_2O$ (Zinc sulfate heptahydrate) يحتوي على ٣٣٪ زنك . كذلك يوجد كبريتات الزنك القاعدية $[ZnSO_4.4Zn(OH)_2]$ وهذه تحتوي على ٥٥٪ زنك .

٣ – أوكسيد الزنك

ان أوكسيد الزنك (ZnO) غير قابل للذوبان بالماء يحتوي على ٨٠٪ زنك وأسعاره منخفضة نسبياً .

٤ – فوسفات الأمونيوم الحاوية على الزنك

يحتوي هذا السماد على ٣٣,٥٪ زنك وهو قليل الذوبان بالماء ويمكن اضافته الى التربة ، أو بطريقة الرش .

٥ – فوسفات الزنك

يحتوي هذا السماد $(Zn_3(PO_4)_2)$ على ٥١ ٪ من عنصر الزنك

٦ – كبريتيد الزنك

يسمى هذا السماد (ZnS) بسماد Sphalerite ويحتوي على ٦١٪ زنك و ٣٠٪ كبريت ، وهو قليل الذوبان بالماء .

٧ – هناك اسمدة أخرى مثل Zn Polyflavonoids ويحتوي على ١٠ ٪ زنك وكذلك سماد Zn ligninsulfonate ويحتوي على ٥ ٪ زنك .

13.7 ملاحظات مهمة حول عنصر الزنك

١ – في الترب ذات الحامضية الخفيفة وفي حالة نقص الزنك ينصح باضافة ١١,٢ – ٢٢,٤ كغم / هكتار من $ZnSO_4.7H_2O$ للمحاصيل الحقلية . ويضاف أعتيادياً ٠,٢٣ كغم لكل شجرة حول الجذع من نفس السماد .

٢ – في الترب القاعدية والترب المزيجية الرملية ينصح باضافة ٤٤,٨ – ٧٨,٤ كغم / هكتار من سماد $ZnSO_4.7H_2O$ وذلك للمحاصيل الحولية والأشجار المثمرة .

وينصح بطريقة الرش باضافة ١١,٤ كغم من نفس السماد لكل ١٠٠ غالون (٣٧٩ لتر) تضاف قبل تفتح البراعم للأشجار المثمرة في الترب القاعدية.

٣- في الترب الحامضية الرملية يكون من الأفضل اضافة الزنك بطريقة الرش أو استعمال سماد غير كبريتات الزنك عند الاضافة للتربة وذلك لكون كبريتات الزنك ذات درجة ذوبان عالية من بين الأسمدة الحاوية على الزنك مما يعرضها للفقد من التربة بعمليات الغسل.

٤- في الترب القاعدية التي لها القابلية على تثبيت الزنك يفضل اضافة أسمدة الزنك المغلفة.

الفصل الرابع عشر

14.0 النحاس

14.1 نحاس التربة ومصادره

يعد عنصر النحاس (Cu) من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات. ومحتوى التربة من النحاس الكلي يتراوح مابين ٥–٥٠ جزء بالمليون وقد يصل في بعض الحالات الى ١٠٠ جزء بالمليون. ويوجد الجزء الكبير من نحاس التربة في الصفائح البلورية للمعادن الاولية والثانوية ، ومن أهم المعادن الحاوية على هذا العنصر:

١– الكبريتيدات البسيطة : وتضم المعادن الآتية :

chalcocite	Cu_2S
covellite	CuS

٢– الكبريتيدات المعقدة : وتضم المعادن الآتية :

chalcopyrite	$CuFeS_2$
bornite	Cu_5FeS_4
enargite	Cu_3AsS_4
tetrahedrite	$(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$

٣– الاكاسيد : وتضم المعادن الآتية :

Cuprite	Cu_2O
tenorite	CuO

٤ – **الكاربونات** : وتضم المعادن الآتية :

$Cu_2(OH)_2CO_3$	malachite
$Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$	azurite

٥ – **السليكات** : وتضم المعدن ($CuSiO_3 . 2H_2O$) chrysocolla

٦ – **الكبريتات** : وتضم المعدن ($Cu(OH)_6SO_4$ brochantite

وفضلاً عن وجود النحاس في المعادن الاولية للتربة فأنه يوجد ايضاً في المعادن الثانوية ومادة التربة العضوية . ان اشكال نحاس التربة هي : النحاس الذائب في محلول التربةُ ، وهو اقل كمية من الاشكال الاخرى ، والنحاس المتبادل او المدمص على سطوح معادن الطين والمادة العضوية للتربة وهذا الجزء المتبادل يكون بحالة جاهزة للنبات وهذا الشكل يكون في حالة اتزان مع نحاس محلول التربة الذائب . الشكل الثالث للنحاس هو الشكل المثبت في صفائح المعادن البلورية . ان عنصر النحاس يرتبط بقوة بحبيبات التربة ولذلك فانه عنصر غير سهل الحركة داخل التربة ويزداد تركيزه بذلك في الآفاق العليا لها ويتناقص بازدياد عمقها .

14.2 العوامل التي تشارك في انخفاض جاهزية النحاس وظهور اعراض النقص على النبات

١ – درجة تفاعل التربة

ان مستوى النحاس في محلول التربة يقل بارتفاع درجة تفاعل التربة ، وهذا يعود الى تناقص كمية النحاس المتبادلة على اوجه التبادل المعدنية ، حيث تؤدي الكاتيونات وخاصة الكالسيوم على الاحلال محل النحاس المتبادل وهذا يؤدي الى تحول النحاس من الصورة الجاهزة الى صورة غير جاهزة لامتصاص النبات لها .

٢ – الترب ذات المحتوى الواطئ من النحاس

ان محتوى التربة الملائم لنمو النبات من هذا العنصر يختلف باختلاف نوعية التربة ومادةالاصل . تعاني الترب المعدنية من نقص النحاس عندما يكون محتواها من هذا العنصر اقل من ٦ اجزاء بالمليون ، اما في الترب العضوية فانها تعاني من نقص النحاس عندما يكون محتواها اقل من ٣٠ جزء بالمليون .

٣- المستويات العالية من عناصر الفسفور: النيتروجين والزنك تؤدي الى حصول تداخل مع عنصر النحاس فتقل بذلك جاهزيته وعملية امتصاصه من قبل النبات.

٤- الترب الغنية بالمادة العضوية

تؤدي المادة العضوية الى التقليل من جاهزية النحاس الى درجة قد تؤدي الى ظهور اعراض نقص هذا العنصر على النبات، وسبب ذلك يعود الى ربط النحاس (Cu^{2+}) بقوة من قبل المادة العضوية وبذلك يكون تحرره صعباً جداً فتقل جاهزيته.

14.3 الوظائف الحيوية للنحاس

يؤدي النحاس دوراً كبيراً في عدد من العمليات الحيوية للنبات واهم الوظائف الحيوية لهذا العنصرالضروري لنمو النبات هي:

١- يدخل النحاس في تركيب الكلوروبلاست ولذلك فانه يؤثر في عملية التركيب الضوئي للنبات.

٢- يدخل في تركيب عدد من الانزيمات مثل laccase و tyrosinase و cytochrome oxidase و polyphenol oxidase و ascorbic acid oxidase.

٤- يشترك في العمليات الحيوية للبروتينات حيث يحفز تكوين RNA و DNA وقلة النحاس تؤدي الى زيادة تكون مركبات النيتروجين الامينية وقلة تكون البروتينات.

٥- يشترك في العمليات الحيوية للكاربوهيدات حيث تقل مستويات السكر المختزلة بنقص هذا العنصر.

٦- يشارك في الانتقال الالكتروني وفي عملية التركيب الضوئي.

٧- يؤثر النحاس بصورة غير مباشرة في تكوين العقد الجذرية التي بدورها تؤثر في عملية تثبيت النيتروجين الجوي بوساطة النباتات البقولية. ولقد وجد من الدراسات بان نقص هذا العنصر يؤدي الى انخفاض معدل تكوين العقد الجذرية وربما السبب يعود الى انخفاض نشاط الانزيم cytochrome oxidase بانخفاض محتوى التربة من هذا العنصر.

14.4 احتياج النبات لعنصر النحاس

ان محتوى النباتات التي لاتعاني من نقص النحاس هو بين ٨–٢٠ جزء بالمليون من عنصر النحاس، اما النباتات التي تعاني منه فانها عادة تحتوي على اقل من ٦ اجزاء بالمليون من النحاس. ان النباتات تختلف فيما بينها من حيث احتياجها لعنصر النحاس، والجدول الآتي (٤٨) يبين المستويات الملائمة من هذا العنصر في اوراق اهم المحاصيل. وتختلف النباتات من حيث حساسيتها لنقصان النحاس، واكثر النباتات استجابة لاسمدة النحاس هي الشوفان، والحنطة، والجت والسبيناغ والنباتات ذات الاستجابة المتوسطة هي اللهانة، والقرنبيط، البنجر السكري والذرة الصفراء، اما النباتات ذات الاستجابة الواطئة فهي الباقلاء، والبطاطا، وفول الصويا والحشائش.

الجدول (٤٨) المستويات الملائمة من عنصر النحاس في اوراق اهم المحاصيل Brown and Hanson 1977

المحصول	المستويات الملائمة للنمو الجيد جزء بالمليون
الذرة الصفراء	٦–٢٥
الذرة البيضاء	٦–٢٥
فول الصويا	١٠–٣٠
الجت	١١–٣٠
الاعشاب العلفية	١٠–٥٠
محاصيل الحبوب الصغيرة	٦–٢٥

يشير (Bennett 1993) بان التراكيز الملائمة لعنصر النحاس في ورقة عرنوص الذرة الصفراء عند تكوينه لاعطاء نمو جيد هي ٦– ٢٠ جزء بالمليون أما عند مرحلة تكوين الورقة الثالثة أو الرابعة للنبات فان التراكيز الملائمة من هذا العنصر في النبات ككل لغرض التحليل النباتي هي ٧– ٢٠ جزء بالمليون.

اما في نبات الذرة البيضاء (Sorghum) فان التراكيز الخاصة بعنصر النحاس التي تشير الى حالة النقص او الحد الحرج عند تحليل الانسجة النباتية للاوراق والنبات ككل

عند مرحلة البادرات كمرحلة نمو للنبات هي ٢ – ٥ جزء بالمليون ، اما التراكيز العالية والتي هي فوق حاجة النبات فهي أعلى من ٥٠ جزء بالمليون .

والتراكيز الحرجة والاعتيادية لعنصر النحاس في نبات قصب السكر عند تحليل نصل اعلى ورقة من النبات هي على التوالي ٣ جزء بالمليون و ٤ – ٨ جزء بالمليون .

وبالنسبة لنبات البنجر السكري فان التراكيز التي تشير الى حالة النقص والملائمة لعنصر النحاس في نصل الاوراق هي على التوالي اقل من ٢ بالمليون واعلى من ٢ جزء بالمليون ، وفي نبات فستق الحقل فان الحد الحرج من عنصر النحاس في الأوراق هو ٤ جزء بالمليون اما بالنسبة لنباتي الخيار والرقي فان المستوى الملائم من عنصر النحاس في اوراق النبات الكامل النضج هو ٥ – ١٠ جزء بالمليون .

وعند تحليل اوراق نبات الطماطة عند مرحلة تكوين الثمار فان التراكيز الملائمة وتراكيز حالة النقص لعنصر النحاس هي على التوالي اعلى من ٨ جزء بالمليون واقل من ٤ جزء بالمليون .

وفي نبات الفاصوليا فان التراكيز الملائمة لعنصر النحاس عند تحليل الورقة كاملة النضج قبل تكوين الازهار هي ١٠ – ٣٠ جزء بالمليون ، وفي نبات البطاطا فان تراكيز حالة الحد الحرج وحالة النقص لعنصر النحاس في نصل اوراق النبات هي على التوالي ٥ جزء بالمليون واقل من ٥ جزء بالمليون .

اما بالنسبة للمحاصيل البستنية المثمرة فان التراكيز الاعتيادية وتراكيز حالة النقص لعنصر النحاس في اوراق اشجار الكمثرى هي على التوالي ٦ – ٢٠ واقل من ٥ جزء بالمليون .

وفي اشجار الحمضيات فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر النحاس في اوراق هذه الاشجار هي على التوالي اقل من ٥ جزء بالمليون و ٥ – ١٥ جزء بالمليون .
وفي اوراق اشجار الخوخ والنكتارين فان التراكيز الملائمة لعنصر النحاس هي اعلى من ٤ جزء بالمليون .

اما تراكيز حالة النقص الشديد والنقص الخفيف والتراكيز الملائمة وتراكيز الزيادة الخفيفة والزيادة الشديدة في نبات العنب عند تحليل نصل الاوراق للتحري عن عنصر النحاس هي على التوالي اقل من ٤ جزء بالمليون و ٤ – ٥ جزء بالمليون و ٦ – ٢٠ جزء بالمليون و ٢١ – ٤٠ جزء بالمليون واعلى من ٤٠ جزء بالمليون .

14.5 اعراض نقص النحاس

ان عنصر النحاس من العناصر البطيئة الحركة داخل النبات ولهذا فأن اعراض نقص هذا العنصر تظهر في بداية الامر على النموات الحديثة وذلك بسبب صعوبة انتقاله وتوزيعه من الاجزاء القديمة الى الاجزاء النباتية الحديثة التكوين. في محاصيل الحبوب تظهر اعراض النقص اولاً في قمة الورقة وفي مرحلة تكوين الافرع والاعراض هي تلون قمم النبات باللون الابيض والاوراق تكون رفيعة وتأخذ شكلاً لولبياً، ونمو العقد الوسطية على الساق يتناقص، وفي النقص الشديد لاتتكون العناقيد الزهرية. في اشجار الفاكهة يؤثر نقص النحاس على البراعم او الاغصان الطرفية ويؤدي الى موت النموات الجديدة.

14.6 اسمدة النحاس

ان من اهم اسمدة النحاس الواسعة الانتشار هي :

١ – الاسمدة المخلبية ومن اهمها هي CuEDTA.

٢ – اوكسيد النحاس CuO ، ويحتوي هذا السماد على ٦٠ – ٨٠٪ نحاس وهو من اسمدة النحاس المهمة والاكثر استعمالاً وتأثيراً.

٣ – كبريتات النحاس

يسمى هذا السماد $CuSO_4 . 5H_2O$ الحجر الازرق او blue vitriol ، ويحتوي على ٢٤,٨٪ نحاس و ١٢,٨ كبريت. ويوجد في صورة مادة صلبة او مادة للرش.

٤ – فوسفات الالمنيوم الحاوية على النحاس، ويحتوي على ٣٠٪ نحاس.

14.7 ملاحظات مهمة حول عنصر النحاس

١ – في اكثر الاحيان تضاف كبريتات النحاس مرة واحدة وبمقدار ١ – ١٠ كغم نحاس / هكتار للترب المعدنية التي تعاني من نقص النحاس. اما الترب العضوية فتحتاج الى كميات اكبر من الكميات التي تحتاجها الترب المعدنية.

٢ – وجد بان اضافة كبريتات النحاس بطريقة الرش كانت اقل نجاحاً من بقية الاسمدة وذلك لحساسية الاوراق للكبريتات التي تؤدي الى زيادة نسبة احتراقها.

الفصل الخامس عشر

15.0 المولیبدنیوم

15.1 مولیبدنیوم التربة ومصادره

ان محتوى معظم الترب من الموليبدنيوم (Mo) الكلي يتراوح بين ٠,٦ الى ٣,٥ جزء بالمليون ومعدل العنصر الكلي يتراوح من ٢,٣ جزء بالمليون ، اما الموليبدنيوم الجاهز فيقارب ٠,٢ جزء بالمليون . ويوجد جزء كبير من موليبدنيوم التربة في التركيب البلوري للمعادن الاولية . ومن اهم المعادن الاولية الحاوية على هذا العنصر هي : -

١ - الكبريتيدات : وهذه تضم المعدن molybdenite (MoS_2)
٢ - الاكاسيد : وتضم المعدن ilsemannite ($Mo_3O_8 . 8H_2O$)
٣- الموليبيدات : وتضم المعادن الآتية :

Wulfenite	$PbMoO_4$
Powellite	$CaMoO_4$
Ferrimolybdite	$Fe_2(MoO_4)_3 . 8H_2O$

بالاضافة الى المعادن الاولية فان الموليبدنيوم يوجد ايضاً في معادن الطين الثانوية والمادة العضوية ، وتحرر الموليبدنيوم من المعادن الاولية والثانوية والمادة العضوية يشكل موليبدنيوم التربة . ان هذا العنصر يوجد في التربة بأربعة اشكال هي :

١ - الشكل الذائب في الماء .
٢- ا[illegible]ں المدمص على سطوح المواد الغروية للتربة وهذا الشكل يكون جاهزاً لامتصاص النبات له . وقابلاً للتبادل مع العناصر الاخرى .
٣- الشكل العضوي ؛ هنا العنصر يكون جزء من المادة العضوية وفي حالة تحلل المادة العضوية يتحول هذا الجزء من العنصر الى صورة جاهزة لامتصاص النبات لها .
٤- جزء من التركيب البلوري للمعادن الأولية والثانوية ، وهذا الجزء غير صالح لامتصاص النبات له .

15.2 العوامل التي تشارك في انخفاض جاهزية الموليبدنيوم وظهور اعراض النقص على النبات

من العوامل المهمة التي تؤدي الى انخفاض جاهزية عنصر المولبيدنيوم في التربة مما يؤدي الى ظهور اعراض النقص على النبات هي :

١ – درجة تفاعل التربة

على العكس من العناصر الغذائية الصغرى التي مر شرحها فان عنصر المولبيدنيوم تزداد جاهزيته بارتفاع درجة تفاعل التربة . في الترب المتعادلة والقاعدية يكون معدل ادمصاص العنصر واطئاً ويزداد بانخفاض درجة تفاعل التربة ولهذا تكون جاهزيته في الترب الحامضية واطئة .

٢ – المستويات العالية من الحديد والالمنيوم

ان زيادة تركيز هذين العنصرين في محلول التربة يؤدي الى تحول المولبيدنيوم من الصورة الجاهزة الى الصورة غير الجاهزة ، إذ يتفاعل المولبيدنيوم مع كل من الحديد والالمنيوم مكوناً موليبدات الحديد وموليبدات الالمنيوم غير الذائبة . ويزداد تركيز الحديد والالمنيوم في الترب الحامضية وهذا سبب آخر لانخفاض جاهزية المولبيدنيوم في الترب الحامضية .

٣ – الترب الرملية ذات محتوى من المولبيدنيوم اقل من محتوى التربة الاخرى ذات النسجة الناعمة .

٤ – التربة ذات المحتوى العالي من المادة العضوية

تحتوي على المولبيدنيوم بكميات اكبر من التربة الفقيرة بالمادة العضوية .

15.3 الوظائف الحيوية لعنصر المولبيدنيوم

ان النبات يحتاج لهذا العنصر بكميات قليلة ولكنه مع ذلك عنصر ضروري ويشارك في العديد من العمليات الحيوية للنبات ومن أهم الوظائف الحيوية لهذا العنصر هي : –

١ – جزء ضروري في الانزيم nitrogenase المسؤول عن تثبيت النيتروجين الجوي بوساطة البكتريا المتخصصة لذلك .

٢ – جزء ضروري في الانزيم nitrate reductase المسؤول عن عملية اختزال النترات في النبات .

٣– يحفز امتصاص وانتقال عنصر الحديد في النبات.

ان النباتات تختلف من حيث احتياجها لعنصر الموليبدنيوم ولقد وجد ان اكثر النباتات احتياجاً لهذا العنصر هي البقوليات، والقرنبيط واللهانة. وبصورة عامة لاتكون النباتات ذوات الفلقة الواحدة حساسة جداً لنقص عنصر الموليبدنيوم. وتكون النباتات في حالة نقص عندما يكون مستوى الموليبدنيوم فيها اقل من ٠,٢ جزء بالمليون من المادة الجافة. والجدول الاتي (٤٩) يوضح تركيز الموليبدنيوم جزءاً بالمليون عند المستويات المنخفضة، الاعتيادية والمفرطة في انسجة نباتات فول الصويا، والجت والحشائش.

الجدول (٤٩) تركيز الموليبدنيوم جزءا بالمليون في انسجة بعض المحاصيل الزراعية
(Brown and Hanson 1977)

المحصول	مستويات حالة النقص الى المستويات المنخفضة	المستويات الاعتيادية	المستويات المفرطة
فول الصويا	اقل من ١	١ – ٥	اعلى من ١٠
الجت	اقل من ١	١ – ٥	اعلى من ١٠
الحشائش	اقل من ٠,١	٠,١ – ١	اعلى من ١٠

يشير (Bennett 1993) بان التراكيز الملائمة لعنصر الموليبدنيوم في ورقة عرنوص الذرة الصفراء عند تكوينه لاعطاء نمو جيد هي ٠,٦ – ١,٠ جزء بالمليون.

بالنسبة لنبات البنجر السكري فان التراكيز التي تشير الى حالة النقص والملائمة لعنصر الموليبدنيوم في نصل الاوراق هي على التوالي ٠,٠١ – ٠,١٥ جزء بالمليون و ٠,٢٠ – ٢٠ جزء بالمليون، وفي نبات فستق الحقل فان الحد الحرج من عنصر الموليبدنيوم في الاوراق هو اقل من ١ جزء بالمليون.

اما بالنسبة لنباتي الخيار والرقي فان المستوى الملائم من عنصر الموليبدنيوم في اوراق النبات الكامل النضج هو ٠,٥ – ١,٠ جزء بالمليون.

وعند تحليل اوراق نبات الطماطة عند مرحلة تكوين الثمار فان التراكيز الملائمة وتراكيز حالة النقص لعنصر الموليبدنيوم هي على التوالي اعلى من ٠,٣ جزء بالمليون واقل من ٠,١

جزء بالمليون. وفي نبات القاصوليا فان التراكيز الملائمة لعنصر الموليبدنيوم عند تحليل الورقة كاملة النضج قبل تكوين الازهار هي ١ – ٥ جزء بالمليون. وفي نبات البطاطا فان تراكيز حالة الحد الحرج لعنصر الموليبدنيوم في نصل اوراق النبات هي ١٥ جزء بالمليون اما بالنسبة للمحاصيل البستنية المثمرة فان التراكيز الاعتيادية وتراكيز حالة النقص لعنصر الموليبدنيوم في اوراق اشجار التفاح هي على التوالي ٠,١ – ٠,٢ واقل من ٠,٠٥ جزء بالمليون.

وفي اشجار الحمضيات فان تراكيز حالة النقص والتراكيز الملائمة لعنصر الموليبدنيوم في اوراق هذه الاشجار هي على التوالي اقل من ٠,٠٧ جزء بالمليون و٠,٠٧ – ٠,٢٥ جزء بالمليون.

15.4 اعراض نقص الموليبدنيوم

ان اعراض نقص الموليبدنيوم تظهر اولاً على الاوراق الوسطى والقديمة حيث تتلون بلون اصفر الى اصفر مخضر وتلتف حافات الاوراق على نفسها وتكون الاوراق في اكثر الاحيان صغيرة ومغطاة ببقع. في نبات القرنبيط والنباتات العائدة لفصيلته يظهر الاصفرار في العروق الوسطية للورقة وتكون الورقة في اكثر الاحيان ذات لون اخضر مشوب ببياض مترهل، وفي حالة النقص الشديد لايتكون نصل الورقة ومن المحتمل فقط يتكون العرق الوسطي من الورقة ويكون على شكل يشبه السوط وتسمى هذه الحالة بالذيل السوطي. في الحمضيات تظهر بقع صفر على الاوراق.

15.5 اسمدة الموليبدنيوم

ان من اهم الاسمدة الحاوية على عنصر الموليبدنيوم هي:

١ – موليبدات الصوديوم

ان سماد موليبدات الصوديوم ($Na_2MoO_4 . 2H_2O$) يحتوى على ٤٦ ٪ موليبدنيوم وهو مسحوق ابيض اللون قابل للذوبان بالماء.

٢ – موليبدات الامونيوم

ان سماد موليبدات الامونيوم [$(NH_4)_6Mo_7O_{24} . 4H_2O$] يحتوى على ٥٤ ٪ موليبدنيوم وهو مسحوق ابيض اللون قابل للذوبان بالماء.

٣ – موليبدات الفسفور – الامونيوم

هذا السماد [$(NH_4)_3P(Mo_3O_{10})_4$] يحتوي على ٦١ ٪ موليبدنيوم ذو لون اصفر وغير قابل للذوبان بالماء بل يذوب في الحوامض الخفيفة.

الفصل السادس عشر

16.0 المادة العضوية في التربة

16.1 مصادر المادة العضوية للتربة

ان الطور الصلب للتربة يضم الجزء المعدني والجزء العضوي ولهذا فأن مادة التربة العضوية هي الجزء العضوي المتمم للطور الصلب للتربة وتلعب هذه المادة دوراً مهماً في التربة وذلك بتأثيرها على الصفات الكيمياوية والفيزياوية للتربة. ان مصادر المادة العضوية في التربة هي :—

١ — بقايا النبات

تعد بقايا النباتات في الحقل مثل الجذور والسيقان والاوراق المتساقطة مصدراً رئيساً لمادة التربة العضوية بعد تحللها . ولمعرفة اهمية بقايا النبات للمادة العضوية فأنه يجب معرفة تركيب هذه البقايا ومحتواها من المواد العضوية . ان بقايا النبات تتكون من الماء والجزء الصلب او المادة الجافة . وتختلف نسبة الماء الموجودة في بقايا النبات وهذا الاختلاف يعود الى عوامل عديدة منها نوع النبات وعمر النبات ، ولكن بصورة عامة تتراوح نسبة الماء في النبات مابين ٦٠ — ٩٠ ٪ من وزن النبات . ولغرض الدراسة النظرية سوف تمثل نسبة الماء ٧٥ ٪ والمادة الصلبة للنبات ٢٥ ٪ . اما مادة النبات الصلبة فتكون من العديد من المركبات يمكن تقسيمها وتوضيحها بحسب معدل نسب وجودها ، والشكل الآتي (٢٠) يوضح محتويات المادة الصلبة للنبات بنسبها ومحتواها من العناصر الغذائية . يلاحظ بأن المركبات التي يتكون منها النبات هي الكاربوهيدرات وهذه تشكل ٦٠ ٪ من المركبات المكونة للنبات وتضم الكاربوهيدرات المواد الآتية :—

— السكريات والنشاء	١ — ٥ ٪ من الكاربوهيدرات
— الهميسيليلوز	١٠ — ٣٠ ٪ من الكاربوهيدرات
— السليلوز	٢٠ — ٥٠ ٪ من الكاربوهيدرات)

اما مادة اللكنين فتشكل ٢٥٪ من مركبات المادة الجافة كمعدل ولكن نسب وجودها في النبات هي بين ١٠-٣٠٪. مادة اللكنين مادة مقاومة جداً للتحلل وتضم عناصر الاوكسجين والهيدروجين والكاربون. بروتينات النبات تشكل ١٠٪ من مركبات المادة الجافة كمعدل ولكن نسب وجودها هو بين ١٠-١٥٪، والبروتينات تكون على شكل بروتينات ذائبة بالماء وبروتينات اخرى هي crude proteins وهذه النوعية من البروتينات تضم عدة عناصرهي الاوكسجين، والهيدرجين والكاربون يضاف الى ذلك كمية قليلة من الفسفور، والحديد والكبريت، وهناك مواد اخرى من بين المركبات التي تكون المادة الجافة للنبات وهذه تضم المواد الدهنية والصمغية والتأنين ويقدر معدل نسبتها ب ٥٪ ولكنها توجد بنسب مختلفة في النباتات هي بين ١-٨٪.

٢- الاسمدة الخضر

تستعمل عادة النباتات البقولية بانواعها وكذلك نباتات غير بقولية ولكن بكميات اقل كاسمدة خضر. تزرع هذه النباتات وتقلب في تربتها في مرحلة من مراحل نموها لزيادة مادة التربة العضوية اضافة الى امداد النبات بالعناصر الغذائية.

ومن فوائد الاسمدة الخضر

أ- تعمل الاسمدة الخضر بمثابة غطاء نباتي يحافظ على سطح التربة من التعرية والانجراف.

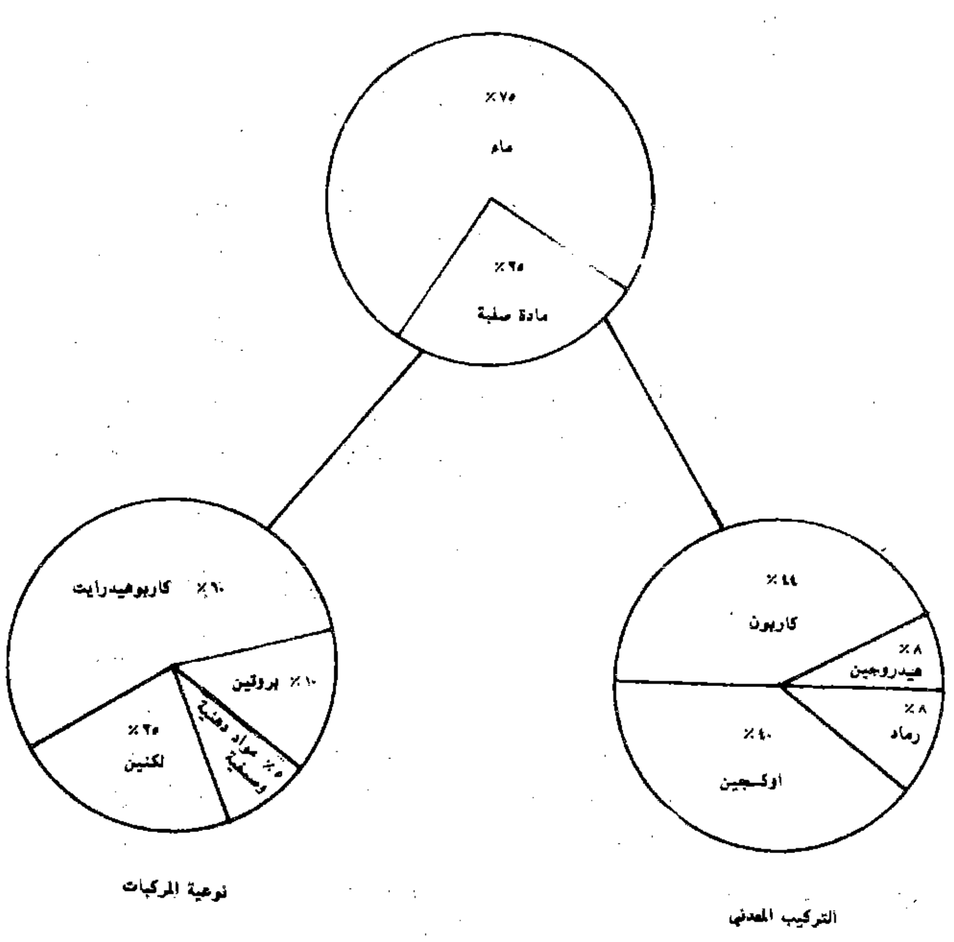
ب- اضافة مواد عضوية للتربة تصبح مواد غروية بعد تحللها في التربة.

جـ- تحسين الصفات الفيزياوية للتربة وخاصة الصفات المتعلقة بنسجة التربة.

د- زيادة نسبة النيتروجين في التربة اضافة الى عناصر غذائية اخرى مختلفة.

هـ- زيادة معدل النشاطات والعمليات الحيوية للتربة والكائنات الحية الدقيقة والنباتات المناسبة للتسميد الاخضر تضم النباتات البقولية وتشمل الجت والبرسيم والباقلاء وفول الصويا وغيرها من البقوليات. والنباتات غير البقولية التي قد تستعمل كاسمدة خضر هي الشعير، والشوفان والذرة الصفراء والبيضاء وحتى الحنطة احياناً. ولنجاح التسميد العضوي بالاسمدة الخضر يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار نوع النبات حيث ان النباتات المرغوبة تتصف بصفات معينة منها ١) يكون النبات ذا نمو سريع. ٢) ذا نمو خضري غزير. ٣) للنبات المقدرة على النمو في الترب الفقيرة من حيث محتواها من العناصر الغذائية والظروف القاسية. ٤- ان يكون للنبات صفات تحلل سريعة. كذلك يجب ملاحظة عمر

النبات المستعمل في التسميد الاخضر وتعد مرحلة ماقبل التزهير انسب المراحل لقلب النبات في التربة وذلك لغزارة النمو الخضري وزيادة محتوى النبات من العناصر الغذائية.



شكل (٢٠) مركبات النبات والتركيب المعدني للنبات الاخضر المضاف الى التربة (Brady 1974)

في التسميد الاخضر ينصح باستعمال الترب ذات التهوية والمحتوى الرطوبي الجيد كذلك لاينصح باستعمال التسميد الاخضر في المناطق القليلة الامطار وخاصة عندما يراد زراعة محصول اقتصادي مهم بعد زراعة الاسمدة الخضر وقلبها بالتربة وذلك لاستهلاك رطوبة التربة من لدن الاسمدة الخضر. كذلك ينصح بمرور فترة زمنية معينة بعد قلب السماد الاخضر في التربة قبل زراعة المحصول الاقتصادي وذلك من اجل توفر وقت كاف لتحليل الاسمدة الخضر والحصول على الفائدة من زراعتها.

٣– الاسمدة العضوية المضافة الى التربة

وهذه تشمل مخلفات حيوانات الحقل ومخلفات المجازر والمصانع وفضلات المدينة . وفيما يلي بعض من هذه الاسمدة الشائعة الاستعمال :

آ– **السماد الحيواني اوسماد الاسطبل** : يتكون هذا السماد من ثلاث مكونات رئيسية هي افرازات الحيوانات الصلبة (الروث) وافرازات الحيوانات السائلة (البول) والمواد التي توضع تحت اقدام الماشية في الاسطبل لامتصاص المواد السائلة : والجدول التالي (٥٠) يوضح التركيب الكيميائي للسماد الحيواني لمختلف الحيوانات .

ب– **بقايا النباتات المخمرة** : من المواد التي تستعمل في تحضير السماد العضوي هذا ، الحشائش الخضراء وورق الشجر والخضراوات وتبن البرسيم والفول والقمح والشعير وقش القصب وعروش الفاصوليا والبطيخ والبطاطا واللوبيا والفول السوداني والطماطا وحطب الذرة والقطن وغيرها من بقايا النباتات .

جدول (٥٠) التركيب الكيميائي للسماد الحيواني لحيوانات مختلفة
(Olson et al. 1971))

نوع الحيوان	نسبة الرطوبة %	N	P	K	S	Ca	Fe	Mg	الدهون
		كغم / الطن							
الابقار	٧٩	٥,٦	١,٠	٥,٠	٠,٥	٢,٨	٠,٠٤	١,١	٣,٥
الخنازير	٧٥	٥,٠	١,٤	٣,٨	١,٣٥	٥,٧	٠,٢٨	٠,٨	٤,٥
الخيول	٦٠	٦,٩	١,٠	٦,٠	٠,٧	٧,٨٥	٠,١٣٥	١,٤	٣,٠
الاغنام	٦٥	١٤,٠	٢,١	١٠,٠	٠,٩	٥,٨٥	٠,١٦	١,٨٥	٧,٠
الدجاج	٣٧	١٣,٠	١٢,٠	١١,٤	–	–	–	–	–

جـ- القمامة : هذا السماد العضوي يتكون من قمامة المدن والتي تضم مواد مختلفة مثل التراب والاخشاب والمعادن والمطاط والجلود والبلاستك وبقايا حيوانية ونباتية ومواد ورقية وخزفية وزجاجية. تجمع هذه المواد في مناطق خاصة للتخلص منها وتحويلها الى سماد وهذه طريقة تعتبر من صور الاستغلال الاقتصادي السليم لقمامة المدن. وتحول هذه القمامة الى سماد عن طريق التخمير اللاهوائي والهوائي باستعمال الماء فقط او استعمال الماء وبعض المواد الكيمياوية غير العضوية او مع ماء المجاري.

د- سماد المجاري : في المدن التي يوجد فيها نظام مجاري جيد تجمع محتويات هذه المجاري في انابيب توصلها الى مزارع كبيرة لغرض ري هذه المزارع، او تجمع محتويات المجاري في احواض كبيرة لترسيب المواد العالقة وبعدها يؤخذ سائل المجاري ويستعمل في ري الاراضي الزراعية والرواسب فتجفف وتستعمل كسماد ايضاً.

هـ- مخلفات الانسان

و- مسحوق العظام ومخلفات المجازر والمدابغ

٤ـ الكائنات الحية

بما فيها الكبيرة والدقيقة تكون مصدراً مهماً لمادة التربة العضوية.

ان المركبات العضوية داخل التربة تختلف بصورة كبيرة في معدل تحللها ويمكن تقسيم المركبات العضوية حسب سهولة تحللها كما يأتي :

١ - المواد السريعة التحلل وهذه تضم :

أ- السكريات، والنشاء والبروتينات البسيطة القابلة للذوبان بالماء.

ب- البروتينات الاخرى Crude proteins.

٢ - المواد البطيئة التحلل وهذه تضم :

أ- الهيميسليلوز.

ب- السليلوز.

جـ- اللكنين، والمواد الدهنية والصمغية والتأنين.

ان تحلل المواد العضوية في التربة يؤدي الى تكون الدبال وهذا التحلل يكون في الترب الرطبة وذات درجة حرارة دافئة حيث تتشجع الكائنات الحية الدقيقة لمهاجمة المادة العضوية وتحليلها ، وتتحلل اولاً المواد العضوية السهلة التحلل والاقل تعقيداً كالسكريات ويتبع ذلك تحلل المواد الاكثر تعقيداً كالنشأ والبروتينات واخيراً اللكنين وقد تتجمع المواد الصعبة التحلل دون تحللها داخل التربة . بعد التحلل يصبح داخل التربة نوعان من المواد هي :

١ – المركبات المقاومة للتحلل مثل الدهون والمواد الصمغية واللكنين.
٢ – مركبات جديدة ناتجة من التحلل مثل الـ Polysaccharides والـ Polyuronides .

وهاتان المجموعتان من المركبات تكون الاساس لمادة الدبال وعليه يمكن تعريف مادة الدبال بانها (خليط من مركبات متحللة ومركبات صعبة التحلل ، وهو مركب غير ثابت اذ ان عملية التحلل فيه مستمرة طالما توفرت الظروف الملائمة لذلك) ويقدر معدل تحلل مادة الدبال مابين ٢ – ٣٪ سنوياً .

16.2 طبيعة وصفات الدبال

يتصف الدبال بعدة صفات اهمها :

١ – هو مادة غروية غير بلورية .
٢ – السعة الادمصاصية اكبر من السعة الادمصاصية لمعادن الطين وتقدر السعة التبادلية الكاتيونية للدبال مابين ١٥٠ – ٣٠٠ مليمكافيء لكل ١٠٠ غرام اما السعة التبادلية الكاتيونية لمعادن الطين فهي بين ٨ – ١٥٠ مليمكافيء لكل ١٠٠ غرام تربة .
٣ – يدمص الدبال كميات من الماء تقارب ٨٠ – ٩٠٪ من وزنه على حين يمتص الطين مابين ١٥ – ٢٠٪ من وزنه .
٤ – مطاطية الدبال ودرجة التحامه وليونته قليلة .
٥ – ان وحدات وصفائح الدبال تشابه الى حد ما وحدات وصفائح الطين في توزيعها وتنظيمها ، ويحتوي على سطوحه شحنات سالبة ولكنه لايتكون من سليكون والمنيوم واوكسجين وحديد بل يتكون من الكاربون والهيدروجين والاوكسجين مع كميات قليلة من النتروجين ، الكبريت والفسفور.
٦ – بالنسبة الى ذوبان الدبال في الحامض والقاعدة فيمكن ان نستنتج بان الدبال يتكون من ثلاثة مكونات وهي :

أ- **حامض الفولفيك** : يكون ذا لون براق ويذوب في الحامض والقاعدة.

ب- **حامض الهيوميك** : يكون ذا لون متوسط بين البراق والداكن ويذوب في القاعدة ولايذوب في الحامض.

جـ- **الهيومين** : يكون ذا لون داكن غير براق لايذوب في كل من القاعدة والحامض.
من الناحية الكيمياوية فان هذه المكونات الثلاثة للدبال تكون متشابهة من حيث السعة الادمصاصية وتحرير العناصر الغذائية.

16.3 اهمية المادة العضوية للتربة والنبات

تؤثر المادة العضوية على خصوبة التربة وهذه بدورها تؤثر في النبات وتأثيرها يكون عن طريق العديد من العمليات ومنها :

١- تقلل المادة العضوية من التعرية المائية وجرف الماء للتربة. وتحافظ بقايا النباتات على سطح التربة من تأثير سقوط الامطار وارتطامها بحبيبات التربة.
٢- تحافظ على التربة من التعرية الهوائية بوساطة الرياح.
٣- بقايا النباتات تقلل من درجة حرارة التربة خلال فصل الصيف وتبقى التربة دافئة خلال فصل الشتاء.
٤- تقليل الماء الذي يفقد بالتبخر من التربة.
٥- تزيد المادة العضوية من تهوية التربة بزيادة المسامات الهوائية خاصة في الترب الطينية وذلك عند تحللها حيث تعمل على تجميع حبيبات التربة بصورة متراخية.
٦- تزيد المادة العضوية من قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء.
٧- تزيد المادة العضوية من الماء الجاهز في الترب الرملية والترب المزيجية. وان الترب ذات المحتوى العالي من المادة العضوية تجهز النبات بكميات اكبر من الماء الجاهز مقارنة بالترب ذات المحتوى الواطئ من المادة العضوية.
٨- تعمل المادة العضوية على تحسين صرف المياه للاترية ذات النسجة الناعمة اي الترب ذات المحتوى العالي من الطين.
٩- تزيد المادة العضوية من انتاجية الترب الرملية.
١٠- تعد المادة العضوية مصدراً للعناصر الغذائية وخاصة النيتروجين، والفسفور والكبريت.

١١ – المادة العضوية في تحللها تكون الاحماض العضوية وثاني اوكسيد الكربون التي تؤثر في اذابة المعادن وتجعل عناصرها اكثر جاهزية للنبات مثل الكالسيوم ، والمغنيسيوم والبوتاسيوم .
١٢ – تزيد من جاهزية الفسفور للنبات في الترب الحامضية .
١٣ – تعد المادة العضوية مصدراً للطاقة وتجهز الكائنات الحية الدقيقة وخاصة المثبتة للنتروجين حيث تجهزها بالكربون .
١٤ – تقلل من فقد العناصر الغذائية بعملية الغسل الناتجة من الامطار الغزيرة او مياه الري .
١٥ – كذلك تؤثر المادة بصورة مباشرة على النبات وهذا يكون عن طريق العديد من الوظائف اهمها :

أ – ان المركبات العضوية النيتروجينية يمكن ان يمتصها النبات مباشرة ، ومن هذه المركبات الحوامض الامينية مثل alanine و glycine .
ب – امتصاص النبات لبعض المركبات العضوية الموجودة في المادة العضوية مثل Vanillic acid و Phenol Carboxylic acid .
جـ – تحتوي المادة العضوية على مواد منشطة للنمو مثل الهرمونات والفيتامينات .

16.4 العوامل المؤثرة في محتوى الترب من المادة العضوية

ان من اهم العوامل التي تؤثر في محتوى التربة من المادة العضوية هي :

١ – درجة الحرارة

ان ارتفاع درجة الحرارة يؤدي الى انخفاض محتوى التربة من المادةالعضوية ، ويحافظ على محتوى التربة من المادة العضوية لحد ما تحت الظروف الباردة . ان ارتفاع درجة الحرارة يؤدي الى زيادة تحلل المادة العضوية بسبب زيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن تحليل المادة العضوية للتربة . والحرارة الشديدة جداً تؤدي الى زيادة اكسدة المادة العضوية وتحولها الى مواد لايستفيد منها النبات .

٢ – رطوبة التربة والامطار

ان زيادة محتوى التربة من الرطوبة وزيادة كمية الامطار المتساقطة يؤديان الى وجود غطاء نباتي جيد وهذا مما يؤدي الى زيادة محتوى التربة من المادة العضوية ، والعكس يكون مع قلة الامطار وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة ، حيث تقل المادة العضوية بقلتها لعدم وجود بناء عضوي للتربة .

٣- نسجة التربة

التربة الرملية او التربة الخشنة النسجة يكون محتواها من المادة العضوية اقل من محتوى الترب الناعمة النسجة وذلك يعود الى انخفاض محتوى الترب الرملية من الرطوبة وزيادة معدل عملية الاكسدة فيها.

٤- تهوية التربة

ان زيادة محتوى التربة من الرطوبة الى حد الاشباع يؤدي الى قلة المسامات الهوائية اي ان ذلك يؤدي الى رداءة تهوية التربة، وهذا بدوره لايؤدي الى زيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن تحلل المادة العضوية ولاينتج عن ذلك انخفاض في محتوى التربة من المادة العضوية. وتزيد التهوية الجيدة للتربة من تحلل المادة العضوية فينخفض محتوى التربة منها. والترب ذات الصرف السيء يكون محتواها من المادة العضوية اعلى من محتوى الترب ذات الصرف الجيد، وهذا يعود كما قلنا الى رداءة التهوية في الترب ذات الصرف الرديء.

٥- التعرية

كل من التعرية المائية او التعرية الريحية يؤدي الى انخفاض محتوى التربة من المادة العضوية عن طريق جرفها من التربة ونحن نعرف بان معظم مادة التربة العضوية تتركز في التربة السطحية وهذا مما يعرضها الى الانجراف بالتعرية.

٦- الزراعة

ان الزراعة المتوالية تؤدي الى استنزاف المادة العضوية للتربة، وهذا يؤدي الى انخفاض محتوى التربة منها خاصة في غياب العناية العلمية عن التربة والمحافظة على محتواها من المادة العضوية عن طريق اضافة الاسمدة العضوية او الكيمياوية او عن طريق الاسمدة الخضر، وترك بقايا النبات في الحقل بعد الحصاد mulsh system، الزراعة بدون حراثة او بحراثة خفيفة اضافة الى عوامل صيانة التربة من التعرية.

16.5 طرق إضافة الاسمدة العضوية

الاسمدة العضوية يمكن تقسيمها الى قسمين من حيث الاضافة هما الاسمدة الصلبة والاسمدة السائلة. الاسمدة الصلبة يمكن اضافتها نثراً على سطح التربة بواسطة اليد او آلة خاصة. وهنا يجب ان تقلب هذه الاسمدة مع التربة وعدم تركها على سطح التربة خوفاً من

فقدان نصف مايحتويه السماد العضوي من عنصر النيتروجين على شكل امونيا خلال فترة قصيرة تتراوح بين ٣ الى ٤ ايام من اضافة السماد. اما الاسمدة العضوية السائلة فيمكن اضافتها للتربة باجهزة الري او عن طريق حقنها مباشرة بالتربة باستعمال الآلات خاصة وهذه الطريقة هي المفضلة.

اما من حيث كمية السماد العضوية المراد اضافته للتربة فلقد وجد بأحدى التجارب (Olson etal. 1971) بان اضافة السماد الحيواني (سماد الاسطبل) بمعدل ١٣ طن/ هكتار قد ادت الى حصول زيادة في حاصل نباتات الذرة الصفراء والشوفان والحنطة وكما هو موضح في الجدول التالي (جدول ٥١).

جدول (٥١) تأثير السماد الحيواني على حاصل محاصيل مختلفة

نوع المحصول	بدون معاملة كغم / هكتار	سماد حيواني مضاف كغم / هكتار
الذرة الصفراء	٩٤٠	١٢٥٠
الشوفان	٤٥٠	٥٣٦
الحنطة	٤١٠	٧٣٤

وفي تجربة اخرى اشار (Olson et al. 1971) بان اضافة السماد الحيواني قد ادى الى زيادة حاصل الذرة البيضاء ولكن عندما تكون الكمية المضافة من السماد الحيواني عالية جداً فان ذلك يؤدي الى خفض الحاصل (لاحظ الجدول ٥٢).

جدول (٥٢) تأثير اضافة السماد الحيواني على حاصل الذرة البيضاء

المعاملة السمادية طن / هكتار	الحاصل (كغم / هكتار) ١٩٦٩	١٩٧٠
بدون سماد	٥١٠٠	٥٣٠٠
٢٢	٥٣٠٠	٥٧٠٠
٦٧	٥٦٠٠	٥٥٠٠
١٣٤	٥٤٠٠	٥٦٠٠
٢٦٩	١٣٠٠	٤٢٠٠
٥٣٨	٤٠٠	١٢٠٠

الفصل السابع عشر

17.0 خصوبة التربة – تقديراً وتقويماً

17.1 نظرة عامة

يبنى انتاج المحاصيل الزراعية تأريخياً على استعمال ماتحتويه التربة من العناصر الغذائية. وعلى الرغم من تزايد اضافة العناصر الغذائية للتربة فان معظم انتاج المحاصيل مازال مبنياً على اساس استخلاص واستهلاك العناصر الغذائية للتربة واجهادها. وتختلف الترب فيما بينها بدرجات كبيرة من حيث المدة التي يمكن من خلالها ان تنتج هذه الترب دون حصول انخفاض في كمية ونوعية الحاصل ودون اضافة اية كمية من العناصر الغذائية لها. ان طرق تقدير حاجة التربة للعناصر الغذائية على شكل اسمدة، التي تضم التعرف على اعراض نقص العناصر الغذائية التي تظهر على النبات، وتحليل التربة وتحليل النبات، تساعد في معرفة مدى الحاجة الى اضافة الاسمدة ومتى تضاف هذه الاسمدة للتغلب على النقص الحاصل في محتوى التربة من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات.

ان اختيار الكمية المناسبة من العناصر الغذائية يتأثر بمعرفة مدى الحاجة للعنصر الغذائي من لدن المحصول وعلى مقدرة التربة على امداد النبات بذلك العنصر. وعندما لاتجهز التربة الكميات المناسبة من العناصر الغذائية الضرورية للنبات لاكمال مراحل نموه فان من الضروري سد النقص الموجود عن طريق اضافة الاسمدة للتربة. لذلك من الضروري معرفة الطريقة السليمة لتقويم حالة التربة الخصوبية ومعرفة النقص الحاصل في العناصر الغذائية.

17.2 طرق تقدير الحالة الخصوبية للتربة

يمكن تقسيم الطرق المختلفة التي يمكن استخدامها في تقدير وتقويم مستوى العناصر الغذائية بالتربة الى:

١ – اعراض نقص العناصر الغذائية على النبات.
٢ – التحليل النباتي

٣ – تحليل التربة.
٤ – الاختبارات البايولوجية.

اولاً : اعراض نقص العناصر الغذائية على النبات

ان نقص عنصر غذائي او اكثر يؤدي الى حصول نمو غير طبيعي للنبات، وهذا يلاحظ بظهور اعراض وعلامات مرئية على النبات. في الواقع ان سبب نقص العنصر في النبات لايشترط بالضرورة ان يكون قلته او عدم وجوده في الوسط الذي ينمو فيه النبات ولكن هناك اسباباً اخرى تؤدي الى عدم استفادة النبات من العنصر الموجود بالتربة او الممتص عن طريق الجذور ويمكن بصورة عامة تحديد اسباب النقص الغذائي في النبات بالاسباب الاتية :-

١ – عدم احتواء التربة على العنصر الغذائي بصورة كافية وملائمة لنمو النبات، وهذا يعود الى اسباب كثيرة منها نوعية التربة المكونة لها.
٢ – عدم مقدرة جذور النبات على امتصاص العنصر الغذائي الموجود في وسط النمو وهذا بسبب عوامل موجودة في التربة او لظروف معينة داخل النبات نفسه.
٣ – عدم انتظام انتقال وتوزيع العنصر الغذائي الى أجزاء وانسجة النبات.

هناك اعراض مميزة لنقص كل عنصر من العناصر الغذائية (تم توضيحها في الفصول السابقة من هذا الكتاب) يمكن التعرف عليها من لدن ذوي الخبرة الى حد ما بسهولة، اذا كان النقص في احد العناصر ولكن الامر يكون اكثر تعقيداً اذا كان النقص في اكثر من عنصر واحد. في هذا المجال يمكن تقسيم وتصنيف اعراض النقص في العناصر الغذائية الى ما يأتي :

١ – التوقف او الفشل الكامل لنمو النبات في طور البادرة.
٢ – البطء الشديد في نمو النبات.
٣ – أعراض خاصة ومميزة على اوراق النبات تظهر في اوقات مختلفة خلال فترة نمو النبات.
٤ – عمليات غير طبيعية داخل النبات مثل توقف عمل الانسجة الناقلة.
٥ – النضج المتأخر او غير الطبيعي.
٦ – اختلاف في الحاصل بغض النظر عن ظهور او عدم ظهور اعراض النقص على اوراق النبات.

٧- انخفاض في نوعية المحصول نتيجة التغير في المكونات الكيمياوية للحاصل مثل البروتين والنشاء والزيوت او انخفاض في صفات الحفظ والخزن.

٨- الاختلافات في الحاصل يمكن التعرف عليها فقط بإجراء التجارب الخاصة والدقيقة.

٩- بالاضافة الى ماذكر فإن نقص العناصر الغذائية يؤثر في طبيعة نمو الجذور وتمددها، وهذه النقطة لم تُعَر الاهمية الكبيرة وذلك لصعوبة الحصول على ملاحظات مجدية خلال فترة نمو النبات.

ان نقص العنصر الغذائي لايؤدي مباشرة الى ظهور اعراض النقص على النبات بل يؤدي الى اختلال في العمليات الحيوية داخل النبات مما يؤدي الى تراكم بعض المركبات العضوية الوسطية ونقص في البعض الآخر. وهذا يؤدي بدوره الى وضع النبات تحت ظروف طبيعية تميز بظهور اعراض النقص التي لها علاقة وثيقة بنقص عنصر معين من العناصر الغذائية. كل سمة من سمات اعراض النقص لابد ان يكون لها علاقة بالوظائف التي يقوم بها العنصر الغذائي. وهناك بعض العناصر تقوم بأكثر من وظيفة حيوية داخل النبات وهذا مما يزيد من صعوبة تفسير السبب الفسيولوجي لظهور اعراض معينة للنقص. مثال ذلك انه عند نقص النيتروجين تتلون اوراق معظم النباتات باللون الاخضر الشاحب او الاصفر الفاتح وذلك بسبب قلة تكون مادة الكلوروفيل وظهور الصبغ الصُفْر لمادتي الكاروتين والزانثوفيل . ولذلك فإنّ نقص اي من العناصر التي تساعد على تكوين مادة الكلوروفيل قد تؤدي الى ظهور اللون الاخضر الشاحب او الاصفر الفاتح على اوراق النباتات. وعندئذٍ لابد ان ترتبط هذه الاعراض بأشياء اخرى مثل شكل الاوراق ونموها وموقعها على النبات.

إن النقص في العنصر الغذائي حالة نسبية: ذلك ان النقص في عنصر ما قد يوجد بوجود كمية كافية او فائضة من عنصر اخر. ومثال ذلك انه قد يحدث نقص في عنصر المنغنيز نتيجة اضافة كميات كبيرة من الحديد. كذلك قد يكون العنصر متوفراً بكمية كافية عند تركيز معينة من عناصر غذائية اخرى على حين تظهر اعراض نقصه في حالة زيادة تركيز عنصر اخر. فمثلاً عند اضافة النيتروجين بمعدلات واطئة فان نبات الذرة الصفراء قد لايحتاج الى كميات كبيرة من الفسفور ولكنه عند اضافة النيتروجين بمعدلات كافية ومناسبة لنمو النبات فان النبات يحتاج الى كميات اكبر من الفسفور مما كان عليه في الحالة الاولى. فالكمية المضافة في الحالة الاولى تضع النبات تحت ظروف الحد الحرج للفسفور

وبعبارة اخرى انه عند سد حالة النقص في العنصر الاول المحدد للنمو فان العنصر الثاني يصبح عاملاً محدداً للنمو.

في الحقل عادة ليس من السهل التمييز بين اعراض نقص العناصر الغذائية. ذلك ان الأمر كثيراً مايلتبس، وذلك بظهور اعراض لمرض معين او اصابات حشرية مشابهة لاعراض نقص احد العناصر الغذائية. مثال ذلك تشابه اعراض نقص عنصر البورون على نبات الجت مع اعراض الاصابة بحشرة leaf hopper. ان اعراض نقص العنصر الغذائي هي تأثير ثانوي قد ينتج عن اكثر من سبب واحد. ومثال ذلك ارتباط تكون السكريات في النبات (الذرة الصفراء) مع صبغ الـ Fiavones لتكوين المادة الملونة anthocyanins (صبغ اللون الارجواني. والاحمر والاصفر). تجمع السكريات ربما يعود الى عدة عوامل وتأثيرات منها التجهيز غير الكافي من عنصر الفسفور، والليل البارد والنهار الدافىء، والاضرار التي تصيب الجذور بواسطة الحشرات، ونقص النيتروجين. من الملاحظات الاخرى المهمة هو انه اذا لوحظت اعراض نقص العناصر الغذائية بصورة مبكرة امكن معالجتها خلال فترة نمو النبات وهذا ينطبق على النيتروجين والبوتاسيوم وعدد من العناصر الصغرى. اما تحديد نقص العناصر الغذائية في فترة متأخرة فيساعد على تلافي النقص في الموسم الزراعي التالي.

ثانياً: التحليل النباتي

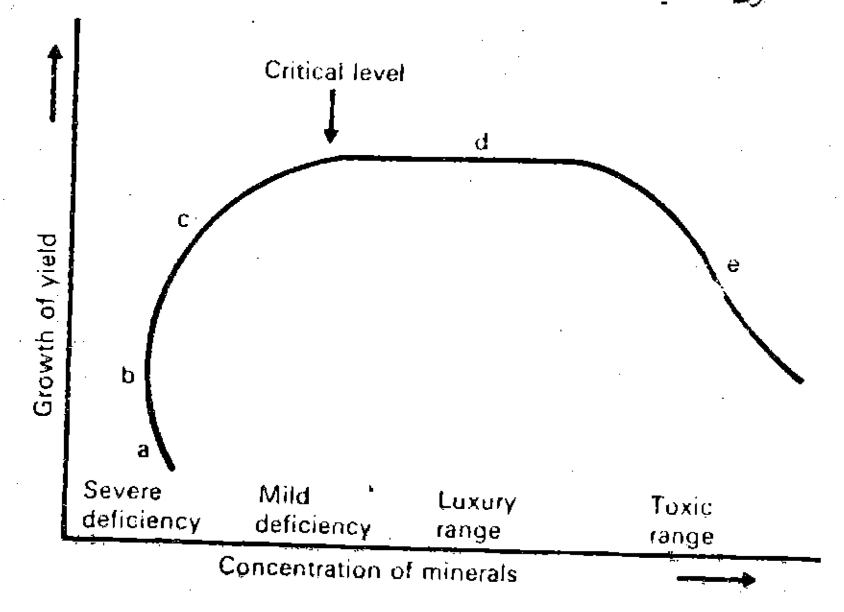
ان تحليل النبات هو اسلوب آخر يمكن الاستناد عليه في تقدير جاهزية العناصر الغذائية في التربة. حيث ان تحليل الانسجة النباتية تبنى على اساس ان كمية عنصر معين في النبات تدل على مستوى تجهيز النبات بهذا العنصر وهذا يكون مؤشراً على محتوى التربة من هذا العنصر. هناك طريقتان لتحليل النبات يمكن استعمالها في التعرف على مستوى نقص العنصر الغذائي في النبات الذي بدوره ذو علاقة اساس بمحتوى التربة من العنصر الغذائي وعوامل مختلفة اخرى مثل جزء النبات المستعمل في التقدير، وعمر النبات ووجود العناصر الغذائية الاخرى في التربة. وهاتان الطريقتان هما:

١ – **التحليل الكلي للنبات**: وهذه الطريقة تعتمد على تحليل النبات تحليلاً دقيقاً داخل المختبرات. فيمكن ان تحلل الاوراق وحدها او تحلل الاجزاء العليا للنبات باكملها وهذا يعتمد على نوعية التحليل والهدف منه.

٢ – **التحليل السريع للانسجة**: وهذه الطريقة تجري عادة على شكل اختبارات سريعة على الانسجة الطرية للنبات في الحقل.

ان للعناصر الغذائية داخل النبات مستويات معينة تفسر محتوى النبات من العنصر الغذائي (الشكل ٢١) التي يمكن وضعها في التسلسل الآتي:

١ – النقص الشديد Severe deticiency
٢ – النقص المتوسط Mild deficiency
٣ – المستوى الحرج Critical level
٤ – مستوى الافراط Luxury level
٥ – مستوى السمية Toxic level



شكل (٢١) العلاقة بين تركيز العنصر الغذائي في انسجة النبات ونمو النبات (Mengel and Kirkby 1978)

عند مستويات النقص الشديد والنقص المتوسط للعنصر الغذائي يكون محتوى النبات من العنصر الغذائي واطئاً مما يؤدي الى جعل معدل نمو النبات واطئاً او متوقفاً. وبزيادة كمية العنصر الجاهزة في التربة مع توفر الظروف الملائمة الاخرى للنمو يزداد معدل نمو النبات وكذلك يزداد محتوى النبات من العنصر الغذائي حتى الحد الحرج او المستوى الحرج الذي هو النسبة المئوية للعنصر الغذائي في النبات التي عندها يحصل اعلى معدل للنمو. واذا قلت النسبة عن هذا المستوى قل الحاصل وانخفضت درجة جودته (الجدول المرقم (٥٣) يوضح المستويات او التراكيز الملائمة لنمو النبات للعناصر الغذائية لنباتات مختلفة) واذا ازدادت نسبة العنصر الغذائي في النبات عن المستوى الحرج، فان ذلك ليس له اي تأثير

معنوي على الحاصل. وقد توصل هذه الزيادة النبات الى الحد السمي مما يكون لها تأثير سالب مضر في نمو النبات والحاصل.

الجدول (٥٣) مستويات النقص والملاءمة والسمية للعناصر الغذائية الضرورية لنباتات مختلفة (Gauch 1973)

العنصر الغذائي	جزء النبات	مرحلة النمو	نسبة العنصر على اساس الوزن الجاف		
			مستوى النقص	المستوى الملائم للنمو	مستوى السمية
النيتروجين	اوراق التفاح	منتصف الموسم	اقل من ١,٤٨٪	١,٦٥ – ١,٨٠٪	–
الفسفور	اوراق التفاح	منتصف الموسم	اقل من ٠,١٠٪	٠,١٢ – ٠,٣٩٪	–
	اوراق المخوخ	منتصف الموسم	اقل من ٠,١١٪	٠,١٤ – ٠,٣٤٪	–
	الاجزاء العليا للجت	مرحلة الازهار	٠,١١٪	٠,٣٥٪	–
	اوراق فول الصويا	مرحلة الازهار	٠,١٩٪	٠,٢٧٪	–
	اوراق الطماطة	عند مرحلة النضج	٠,١٠–٠,١٨٪	٠,٤٤–٠,٩٠٪	–
البوتاسيوم	اوراق التفاح	منتصف الموسم	٠,٤٥–٠,٩٣٪	١,٥٣–٢,٠٤٪	–
	اوراق الذرة الصفراء	–	٠,٥٨–٠,٧٨٪	٠,٧٤–١,٤٩٪	–
	اوراق الطماطة	نيسان–مايس	٠,٢٨–١,٤٤٪	١,٤٠–٢,٤٠٪	–
	اوراق التبغ	ايلول	٢,٧٩–٣,٧٢٪	٤,٣٧–٥,٢٩٪	–
الكالسيوم	الاجزاء العليا للجت	العمر ٧ اسابيع	٠,٥٨٪	١,٥٥٪	–
	اوراق التفاح	–	٠,٥٦٪	١,١٠٪	–
	اجزاء الذرة الصفراء	تموز	٠,١٨–٠,٣٢٪	٠,٣٨–٠,٤٣٪	–

تكملة الجدول (٥٣)

	الاوراق السفلى لفول الصويا	متصف الازهار	—	٣,٤٠٪	—
	الاجزاء العليا للطماطة	العمر ٦٥ يوم	٠,٧٩—٠,٩٦٪	٠,٨٢—١,٧٨٪	—
المغنيسيوم	اوراق التفاح	تموز	٠,٠٢—٠,٣٣٪	٠,٢١—٠,٥٣٪	—
	اوراق الذرة الصفراء	—	٠,٠٧٪	٠,٢٠٪	—
	اوراق البطاطا	تموز	٠,١٦—٠,٣٣٪	٠,٤٠—٠,٨٦٪	—
الكبريت	الاجزاء العليا للجت	النضج	٠,٢٤٪	٠,٢٧٪	٠,٧٥٪
	الاجزاء العليا للذرة الصفراء	—	٠,٠٤٪	٠,٠٨٪	—
	اوراق الخوخ	مايس—ايلول	—	٠,١٨٪	٠,٣٠—٠,٣٨٪
	الاجزاء العليا لفول الصويا	—	٠,١٤٪	٠,٢٣٪	—
	اوراق التبغ	—	٠,١١٪	٠,١٥٪	—
	اوراق الحمضيات	الاوراق الحديثة	٠,٠٨—٠,١٠٪	٠,١٩—٠,٢٦٪	—
الحديد	اوراق الذرة الحلوى	حديثة النضج	٢٤—٥٦جزء بالمليون	٥٦—١٧٨ جزء بالمليون	—
	الاجزاء العليا لفول الصويا	العمر ٣٤ يوماً	٢٨—٣٨ جزء بالمليون	٤٤—٦٠ جزء بالمليون	—
	اوراق التبغ	حديثة النضج	٦٣—٧٠ جزء بالمليون	٦٨—١٤٠ جزء بالمليون	—
	اوراق الطماطة	ظهور الاوراق العليا	٩٣—١١٥ جزء بالمليون	١٠٧—٢٥٠ جزء بالمليون	—
البورون	اوراق الجت	نيسان—ايلول	—	٢٨—٦٤٥ جزء بالمليون	٥١٦—٩٩٦ جزء بالمليون

تكملة الجدول (٥٣)

	اوراق التفاح	—	١٥–٢٠ جزء بالمليون	٢٥–٣٤ جزء بالمليون	
	اوراق الشوندر	ايلول	٥٢ جزء بالمليون	١٠٤–٣٧٠ جزء بالمليون	٦٣٧–١٢٦٣ جزء بالمليون
	اوراق البنجر السكري	—	٦–١٣ جزء بالمليون	١٠–٤٤ جزء بالمليون	—
	اوراق الخوخ	الربيع	١١–١٩ جزء بالمليون	١٧–٤٠ جزء بالمليون	٩١–١٦٩ جزء بالمليون
	اوراق الطماطة	آب–ايلول	—	٣٤–١٥٠ جزء بالمليون	٢٥٣–١٤١٦ جزء بالمليون
	اوراق الكرفس	تشرين الاول	١٥جزء بالمليون	٢٧–٤٨ جزءبالمليون	—
	اوراق الذرة الصفراء	تشرين الاول	—	٢٧–٧٢ جزء بالمليون	١٧٩جزء بالمليون
	اوراق التبغ	ايلول	—	١٩–٢٦١ جزء بالمليون	٣٦٥–٧٧١ جزء بالمليون
المنغنيز	اوراق التفاح	آب	٢–١٨ جزء بالمليون	٢٥–٥٠٠ جزء بالمليون	—
	اوراق الحمضيات	العمر ٤–٧ اشهر	١٥ جزء بالمليون	٢٥–٢٠٠ جزء بالمليون	١٠٠٠ جزء بالمليون
	اوراق فول الصويا	العمر ٣٠ يوم	٢–٣ جزء بالمليون	١٤–١٠٢ جزء بالمليون	١٧٣–٩٩٩جزء بالمليون
	اوراق الطماطة	تشرين الاول	٥–٦جزء بالمليون	٧٠–٣٩٨ جزء بالمليون	—
	ثمار الطماطة	تشرين الاول	٠,٢ جزء	٢جزء بالمليون	—
	الاجزاء العليا للشوفان	بعد الازهار	٦–١٣ جزء بالمليون	١٤–١١١ جزء بالمليون	—

	اوراق التبغ			٤٦٠ جزء بالمليون	٤٠٠٠ – ١١٠٠٠ جزء بالمليون
الزنك	اوراق التفاح	—	٣–٢٢ جزء بالمليون	٦–٤٠ جزء بالمليون	—
	اوراق الذرة الصفراء	مرحلة تكوين العرانيص	٩ جزء بالمليون	٣١–٣٧ جزء بالمليون	—
	اوراق الحمضيات	—	١٥ جزء بالمليون	٢٠–٨٠ جزء بالمليون	—
	اوراق الطماطة	مرحلة تكون الثمار	٩–١٥ جزء بالمليون	٦٥–١٩٨ جزء بالمليون	٥٢٦–١٤٨٩ جزء بالمليون
النحاس	الاجزاء العليا للجت	—	—	٥–١٠ جزء بالمليون	—
	اوراق التفاح	—	٢–٣ جزء بالمليون	٥–٦ جزء بالمليون	—
	اوراق الحمضيات	مرحلة تفتح الازهار	اقل من ٣,٥ جزء بالمليون	٥–١٦ جزء بالمليون	اكثر من ٢٣ جزء بالمليون
	اوراق البكان	—	— جزء بالمليون	٢١–٢٨ جزء بالمليون	—
	اوراق الطماطة	—	—	٣–١٢ جزء بالمليون	—
الموليبدنيوم	اوراق الذرة الصفراء	—	—	١ جزء بالمليون	—
	اوراق الجت	ازهار ١٠٪ متفتح	٠,٢٨ جزء بالمليون	٠,٣٤ جزء بالمليون	—
	اوراق الجت	قبل مرحلة الازهار	اقل من ٠,١٠ جزء بالمليون	٠,٣–٠,٦ جزء بالمليون	—
	اوراق القطن	العمر ٦٥ يوماً	٠,٥ جزء بالمليون	١١٣ جزء بالمليون	—
	اوراق الطماطة	العمر ٨ اسابيع	٠,١٣ جزء بالمليون	٠,٦٨ جزء بالمليون	—
	اوراق الليمون	—	٠,٠١ جزء بالمليون	٠,٠٣ جزء بالمليون	—

وفي هذا المجال وضع الباحث (Bennett 1993) جدولاً يوضح فيه الحدود الحرجة والملائمة والسامة لعناصر النبات الغذائية باستخدام التحليل الورقي للنبات.

جدول (٥٤) دليل عام للحدود الحرجة والملائمة والسامة لعناصر النبات الغذائية

العناصر	الحد الحرج	الحدود الملائمة للنمو	الحد السام
N %	اقل من ٢,٠	٢,٠ – ٥,٠	غير سام
P %	اقل من ٠,٢	٠,٢ – ٠,٥	غير سام
K %	اقل من ١,٠	١,٠ – ٥,٠	غير سام
Ca %	اقل من ٠,١	٠,١ – ١,٠	غير سام
Mg %	اقل من ٠,١	٠,١ – ٠,٤	غير سام
S %	اقل من ٠,١	٠,١ – ٠,٣	غير سام
Fe جزء بالمليون	اقل من ٥٠	٥٠ – ٢٥٠	غير سام
Zn جزء بالمليون	١٥ – ٢٠	٢٠ – ١٠٠	اكثر من ٤٠٠
Mn جزء بالمليون	١٠ – ٢٠	٢٠ – ٣٠٠	اكثر من ٣٠٠
Cu جزء بالمليون	٣ – ٥	٥ – ٢٠	اكثر من ٢٠
B جزء بالمليون	اقل من ١٠	١٠ – ١٠٠	اكثر من ١٠٠
Mo جزء بالمليون	اقل من ٠,١	٠,١ – ٠,٥	اكثر من ٠,٥
Cl %	اقل من ٠,٢	٠,٢ – ٢,٠	اكثر من ٢,٠
Si %	اقل من ٠,٢	٠,٢ – ٢,٠	غير سام
Na %	اقل من ٠,١	١ – ١٠,٠	غير سام
CO جزء بالمليون	اقل من ٠,٢	٠,٢ – ٠,٥	اكثر من ٠,٥
V جزء بالمليون	اقل من ٠,٢	٠,٢ – ٠,٥	اكثر من ١,٠

ان تركيب النبات ومحتواه من العناصر الغذائية يتأثر بكثير من العوامل والظروف المحيطة ولا يعكس فقط بجاهزية العنصر الغذائي في التربة، ومن العوامل المهمة التي تؤثر في محتوى النبات أو أنسجة النبات من العنصر الغذائي هي:

١ – العوامل البيئية مثل الحرارة والتهوية والضوء.
٢ – العوامل الوراثية للنبات
٣ – أجزاء النبات: من المعروف بأن الاجزاء النباتية التي يختلف بعضها عن بعض مرفولوجيا فإنها تختلف في تركيبها المعدني.
٤ – العمر الفسيولوجي: إن أجزاء النبات (الاوراق) المراد استعمالها في التحليل يجب ان تكون بعمر فسيولوجي واحد او تكون مأخوذة من نقطة إتصال واحدة في الساق. الاوراق الحديثة التكوين ذات محتوى عال من النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم. في حين تكون الاوراق القديمة ذات محتوى عال من الكالسيوم. وبصورة عامة يُلحظ ان محتوى النبات من النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم يقل بزيادة عمر النبات. اما الكالسيوم والمغنيسيوم والبورون فتزداد بإزدياد عمر النبات.
٥ – موقع الجزء النباتي المراد استعماله في التحليلات المختبرية.
٦ – محتوى التربة من العناصر الغذائية.

ان عملية تحليل النبات داخل المختبر او الحقل عملية دقيقة وتحتاج الى خبرة ودراية من اجل الحصول على الهدف الذي من أجله يجري تحليل النبات. هناك عدد من النقاط التي يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار عند تحليل النبات وهذه النقاط هي ملاحظات يجب ان تسجل عند أخذ العينات النباتية وهي:

اولاً – الملاحظات النباتية وهذه تشمل:

١ – المظهر الخارجي للنبات
٢ – جزء النبات الذي اخذ للتحليل
٣ – موعد أخذ العينة النباتية باليوم والساعة
٤ – لون النبات
٥ – ارتفاع النبات
٦ – اعراض نقص العناصر الغذائية
٧ – الامراض
٨ – الحشرات
٩ – الادغال
١٠ – والنقطة الاخيرة هي موعد الزراعة للنبات المراد تحليله.

ثانياً – الظروف المناخية

١ – الامطار

٢ – الحرارة

٣– الرياح

٤ – الضوء

ثالثاً– ملاحظات ادارية

١ – صنف النبات المراد تحليله

٢– طريقة الزراعة ومسافات الزراعة

٣– عدد النباتات في الدونم الواحد من الارض

٤– عمليات التسميد

٥– اضافة المبيدات

٦– تاريخ المنطقة الزراعي

من هذا يتضح وبسبب كل هذه العوامل والملاحظات التي تؤثر في محتوى النبات من العناصر الغذائية. انه يجب ان يكون هناك اسس علمية تتبع في عملية اخذ العينات النباتية للتحليل. والجدول (٥٥) International minerals and Chemical corporation 1977 يساعد في انجاح التحليل النباتي الذي يضم معلومات عن مرحلة النمو النباتي التي عندها تؤخذ العينات النباتية ويضاف الى ذلك جزء النبات الذي يستعمل في التحليل وعدد النباتات التي تؤخذ منها العينة النباتية للعديد من النباتات المختلفة.

بعد أن يتم تحليل الانسجة النباتية يمكننا الاستفادة من نتائج التحليل وذلك من أجل الوقوف على حاجة النبات من العناصر الغذائية. ويمكن تحقيق ذلك عن طريق مقارنة النتائج بالحد الحرج للعنصر الغذائي الذي تم الوصول اليه بعد اجراء التجارب الحقلية والمختبرية وعند ذلك إما أن يوصى بإضافة العنصر الغذائي للتربة على شكل اسمدة او لايوصى. وفي حالة عدم معرفة الحد الحرج لاي عنصر غذائي يجب اجراء تجارب تشتمل على اضافة مستويات مختلفة من الاسمدة الكيمياوية الخاصة بالعنصر الى التربة التي يزرع بها النبات المراد معالجته ثم يحلل النبات ويقدر الحاصل. وبعد ذلك يمكن ربط نتائج تحليل النبات والحاصل ومستويات الاضافة من العنصر الغذائي ومن ذلك يمكن معرفة الحد الحرج للعنصر.

جدول (٥٥) مراحل النمو وجزء النبات وعدد النباتات الواجب العمل بها عند التحليل النباتي

النبات	مرحلة النمو لاخذ العينات	جزء النبات	عدد النباتات
الجت	أ- عندما يكون طول النبات ١٥-٢٠سم من النموات الحديثة	الاوراق والساق	٥٠-٦٠
	ب- $\frac{١}{١٠}$ الازهار	الثلث العلوي لساق النبات الواحد مع اوراقه	٥٠-٦٠
اللهانة	قبل تكوين الرؤوس بفترة قصيرة	الورقة الاولى الناضجة من مركز الرأس	١٠-٢٠
الكرفس	منتصف النمو (٣٠-٣٧سم طول النبات)	سويقة احدث ورقة ناضجة	٢٠-٣٠
الذرة الصفراء	أ- بعد ٢٥-٣٥ يوم من الانبات	كل الاجزاء العليا للنبات	١٥-٢٠
	ب- بين ٣٥ يوم من الانبات وتكوين شعيرات العرنوص	أول ورقة ناضجة تحت العرنوص	١٥-٢٠
	جـ- عند تكوين شعيرات العرنوص	الورقة أسفل العرنوص من الجهة المخالفة.	١٥-٢٠
القطن	أ- بعد ٢٥-٣٥ يوماً من الانبات	كل الاجزاء العليا للنبات	٦٠-٧٠
	ب- عند الازهار الكامل	أحدث ورقة ناضجة على الساق الرئيسي (اترك السويقة)	٦٠-٧٠
العنب	في نهاية فترة الازهار	سويقات الاوراق المجاورة لعناقيد الثمار	٧٠-٨٠
الليمون	في منتصف فصل الانتاج	الاوراق الناضجة في نهاية السيقان غير الحاملة للثمار	٢٠-٣٠
الخس	في منتصف فترة النمو	احدث ورقة كاملة النضج	٤٠-٥٠
الرقي ، الخيار والبطيخ	مراحل النمو الاولى قبل تكوين الثمار	الاوراق الناضجة قرب قاعدة النبات على الساق الرئيس	٢٠-٣٠
البرتقال	في منتصف فصل الانتاج	الاوراق من السيقان غير الحاملة (٤-٦أشهر عمر الورقة)	٢٠-٣٠

تكملة جدول (٥٥)

الاعشاب العلفية	أ– قبل الازهار	اوراق الثلث العلوي للنبات	٦٠–٨٠
	ب– عند الازهار	اوراق الثلث الوسطي للنبات	٦٠–٨٠
البازلاء	أ– بعد ١٥–٢٥ يوماً من الانبات	كل الاجزاء العليا للنبات	٥٠–٦٠
	ب– عندما يتكون ٨–٩ عقد على الساق (اعتيادياً ٣٥–٤٥ يوماً من الانبات)	الاوراق من العقدة الثالثة حتى الخامسة بدء من الاعلى	٥٠–٦٠
البطاطا	أ– بعد ٢٥–٣٥ يوماً من الانبات	اول ورقة مركبة ناضجة ومتفتحة مع السويقة والواقعة بين ٣–٥	٢٠–٣٠
	ب– عند الازهار	اوراق اسفل نهاية النمو للنبات	٢٠–٣٠
	جـ– بعد ٢٠–٤٠ يوماً من الازهار		٢٠–٣٠
الجزر، والبصل والشوندر	قبل تكون الرؤوس بفترة قصيرة.	الورقة الوسطية الناضجة	٢٠–٣٠
الشعير والشوفان والرز، والحنطة	أ– بعد ٢٥–٣٥ يوماً من الانبات	كل الاجزاء العليا للنبات	٦٠–٨٠
	ب– في بداية تكون رؤوس الحبوب	الاوراق الاربع العليا بدون الساق	٦٠–٨٠
الذرة البيضاء	أ– بعد ٢٥–٣٠ يوماً من النبات	كل الاجزاء العليا للنبات	٢٠
	ب– بين ٣٥ يوماً من الانبات وتكون الرؤوس	اوراق الثلث العلوي للنبات	٢٠
	جـ– عند تكون الرؤوس	الورقة الثانية من اعلى النبات.	٢٠
فول الصويا	أ– بعد ٢٥–٣٥ يوماً من الانبات	كل الاجزاء العليا للنبات	٤٠–٥٠
	ب– بداية الازهار قبل تكون الرؤوس	الورقة الرابعة من اعلى النبات (اترك السويقة)	٤٠–٥٠
الشلبك	في منتصف فترة النمو	احدث الاوراق الكاملة النضج	٦٠–٧٠

البنجر السكري	أ- بعد ٦-٨ اسابيع من الانبات	الورقة الناضجة والواقعة بين داخل وخارج مجموعة الاوراق (اترك السويقة)	٤٠-٥٠
	ب- عندما يكون قطر الرأس ١,٥ سم	نفس الورقة في أ	٤٠-٥٠
التبغ	أ- بعد ٢٠-٣٠ يوماً من الشتل	الورقة الرابعة من منطقة النمو	١٠-١٢
	ب- عند الازهار	الورقة الرابعة من منطقة النمو	١٠-١٢
الطماطة الحقلية	قبل او خلال بداية مرحلة الازهار	الورقة الرابعة والثالثة من منطقة النمو	٢٠-٢٥
التفاح ، الخوخ والاجاص والكرز	خلال منتصف موسم النمو	الاوراق الناضجة قرب قاعدة النمو للسنوات السابقة او من الغصن الناتيء.	٦٠-٧٠

لاتقدر العناصر الغذائية في النبات في المختبر بصورته الطبيعية بل يجب إجراء عملية الحرق على العينة النباتية بعد أن تجفف العينة الرطبة على درجة حرارة ٧٠م لمدة ٢٤-٢٨ ساعة. والهدف من الحرق هو أكسدة المادة العضوية للعينة النباتية والحصول على رماد يحتوي على جميع العناصر المعدنية وهناك طريقتان في حرق المادة النباتية هما:

اولاً : الحرق الجاف: وتعتمد هذه الطريقة على اكسدة المادة النباتية بالهواء الجوي وذلك عن طريق حرقها في فرن على درجة حرارة معينة تتراوح بين ٥٠٠ الى ٥٥٠ درجة مئوية وفي نهاية عملية الحرق تكون العناصر المعدنية موجودة على صورة اكاسيد. في هذه الطريقة يجب ان ترتفع درجة الحرارة للفرن ببطء ولا يجب ان تتم العملية على درجات حرارة مرتفعة خوفاً من حصول الحرق السريع المفاجئ فلا تكون النتيجة مرضية بسبب عدم الاحتراق الجيد ، لاحتواء الرماد على كاربون المادة العضوية غير المتأكسدة وكذلك يفقد جزء من المركبات المعدنية أما ميكانيكياً عن طريق تكاثر الجزيئات المتوهجة للمادة المحترقة اوكيمياوياً عن طريق تحلل وتطاير المركبات المعدنية. ان درجات الحرارة المرتفعة قد تؤدي ايضاً الى تكون عدد من المركبات السليكاتية التي لاتذوب في الحامض مما يعيق عملية التقدير ودقتها. وبعد الحرق يعمل مستخلص حامضي لعينة الرماد الحاوية على العناصر الغذائية. إذ تذاب مادة الرماد في حامض الهيدروكلوريك (١ : ١) اوأي حامض آخر يتلاءم مع طريقة التقدير للعنصر الغذائي حتى يتم الحصول على المستخلص الحامضي

للعناصر المعدنية المفصول عن السليكا وبعد ذلك تقدر العناصر الغذائية في المستخلص كل حسب الطريقة الخاصة به في التقدير.

ثانياً: الحرق المبتل: تعتمد هذه الطريقة على اكسدة المادة العضوية للعينة النباتية بمحلول مؤكسد مع التسخين وهذا يتم اما عن طريق هضم العينة النباتية باستعمال خليط من الاحماض المركزة (H_2SO_4 مركز، وHNO_3 مركز، و$HClO_4$ ٦٠-٦٢٪) وبنسبة ٢:٥:١ على التوالي، او باستعمال احد الحوامض مثل H_2SO_4 مضافاً اليه H_2O_2. في نهاية عملية الهضم تكون العناصر المعدنية على صورة ذائبة في محلول حامضي يجري عليه مباشرة عمليات تقدير العناصر الغذائية كل حسب الطريقة الخاصة به. في هذه الطريقة لاتحدث المشاكل التي تنتج من الحرارة المرتفعة للحرق الجاف وذلك لاستعمال درجات حرارة منخفضة لاتزيد عن درجة غليان المخلوط الحامضي.

ان النيتروجين الكلي في النبات يقدر بطريقة كلداهل التي تعتمد على اكسدة المادة النباتية بواسطة حامض الكبريتيك المركز وتتوقف على تحويل نيتروجين العينة النباتية الى غاز الامونيا. وتتم هذه الطريقة بثلاث خطوات هي مرحلة الهضم، وفيها يتم تحويل صور النيتروجين العضوي كالاحماض الامينية والبروتينات وصورته على شكل نترات الى كبريتات الامونيوم وذلك عن طريق تفاعل المادة النباتية بحامض الكبريتيك. والمرحلة الثانية هي مرحلة التقطير لاطلاق الامونيوم من كبريتات الامونيوم ويتم ذلك في وسط قلوي بوجود قاعدة مركزة مثل هيدروكسيد الصوديوم وبعد ذلك تستقبل الامونيا في دورق يحتوي على حامض البوريك وتتكون بذلك بورات الامونيوم. اما المرحلة الثالثة فهي مرحلة التسحيح حيث يتم تسحيح البورات مع حامض معروف العيارية وبوجود دليل مناسب مثل دليل المخلوط.

إن الفسفور الذي في النبات يمكن أن يقدر بالطريقة اللونية التي تعتمد على تكوين معقد الفوسفومولبيدات وذلك عن طريق تفاعل الاورثوفوسفات مع حامض المولبيديت. معقد الفوسفومولبيدات المتكون يمكن اختزاله بوساطة ascorbic acid وكلوريد القصديروز الذي يختزل المولبيدنوم ويظهر اللون الازرق. ويتم القياس على جهاز spectrophotometer على طول موجي قدره mu660.

ان البوتاسيوم والصوديوم في المستخلص الحامضي لطريقة الحرق الرطب او الجاف للعينة النباتية يقدران باستعمال جهاز flame photometer. والكالسيوم والمغنيسيوم يمكن تقديرها بالتسحيح مع مادة الفرسين. والعناصر الصغرى مثل الزنك والحديد فيمكن

الغذائية سيتم تناول جزء منها وهي موجودة في معظم الكتب والمصادر المتعلقة بتحليل النبات.

ثالثاً: تحليل التربة: ان تحليل التربة كيمياوياً لمعرفة محتواها من العناصر الغذائية هي من اهم الطرق في تقدير خصوبة التربة ومقدرتها الامدادية للنبات بالعناصر الغذائية. وهذه الطريقة تعتمد على استخلاص التربة بمحلول معين او بالماء وذلك برج عينة التربة لفترة زمنية معينة مع المحلول او الماء ثم بعد ذلك تقدر العناصر الغذائية بالمستخلص ولكل من العناصر طريقة خاصة بالتقدير ولذلك فإن المحاليل المستعملة بالاستخلاص تختلف باختلاف العنصر الغذائي وكذلك بإختلاف نوعية التربة. ونجاح الطرق الكيمياوية المستخدمة بتقدير محتوى التربة من العناصر الغذائية يعتمد على اعطاء الصورة الواضحة لحالة العنصر وكميته في التربة. وتجري اختبارات التربة اعتيادياً قبل الزراعة من اجل وضع خطة تسميدية للتربة المراد زراعتها. ويجب ان نذكر في هذا المجال بانه لابد من اجراء تجارب حقلية ومختبرية او في البيوت الزجاجية خاصة بالتسميد بالعنصر المراد دراسته لمعرفة درجة الارتباط بين نتائج التجارب ونتائج التحليل الكيمياوي التي عن طريقها يمكن اختيار انسب الطرق في تحليل التربة من حيث محتواها من العنصر الغذائي الذي تحت الدراسة.

من الطرق المستعملة في تقدير محتوى التربة من العناصر الغذائية وغيرها من الصفات الكيمياوية هي تقدير مادة التربة العضوية وذلك بأكسدتها بدايكرومات البوتاسيوم. السعة التبادلية الكاتيونية للتربة تقدر باشباع التربة بمحلول خلات الصوديوم (PH 8.2) ثم ازاحة الصوديوم بمحلول خلات الامونيوم (PH 7.0) ويقدر الصوديوم المزاح بجهاز Flame Photometer. ويمكن تقدير النيتروجين الكلي في التربة بطريقة كلدهال، اذ يستخدم فيها كبريتات البوتاسيوم وكبريتات النحاس والسلينيوم عوامل مساعدة، اضافة الى حامض ال[illegible]يتيك المركز. ويستخدم ايضاً حامض البوريك بمثابة مستقبل للامونيا بوجود دليل المخلر.

ان محتوى التربة من الكالسيوم والمغنيسيوم يمكن ان يقدر بالتسحيح مع الفرسين. اما البوتاسيوم والصوديوم فانهما يقدران بجهاز Flame photometer وان الكاربونات والبيكاربونات يمكن تقديرها باستعمال 0.1 عياري حامض الهيدروكلوريك. اما الكبريتات

فيمكن تقديرها بالمعايرة مع الفرسين. ويقدر الكلوريد في التربة بالتسحيح مع نترات الفضة. ويمكن تقدير محتوى التربة من الفسفور باستعمال طريقة اولسن.

إن الطرق التي تم ذكرها هي المعتمدة في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تسود فيها الترب القاعدية والكلسية. اما الترب الاخرى فهناك العديد من الطرق لتقدير العناصر الغذائية فيها وهناك اكثر من طريقة لكل من العناصر ولا يسمح المجال للتطرق اليها بمجملها ولكن معظم الكتب المتخصصة بتحليل التربة تحتوي على هذه الطرق.

ومن المصادر الحديثة في تحليل التربة والنباتات هو ما صدر عن المركز العالمي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ايكاردا) الذي مقرهُ في مدينة حلب في سوريا وذلك في عام ١٩٩٦ وفيما يلي اهم ما جاء فيه من طرق لتحليل التربة والنبات، والتي من الممكن اعتمادها في عملنا المختبري والبحثي.

محتوى التربة الرطوبي: الطريقة المعتمدة تشمل ما يلي:

١- زن ١٠ غرام من التربة المجففة هوائياً وضعها في علبة معدنية مجففة على درجة ١٠٥ م° وذات وزن معلوم مع الغطاء المعدني الخاص بها.
٢- جفف التربة الموضوعة في العلبة في الفرن الكهربائي على درجة ١٠٥ م° والعلبة تكون مفتوحة الغطاء ولليلة واحدة.
٣- في اليوم الثاني اخرجها من الفرن وضع غطاء العلبة باحكام وبرد في جهاز المجفف desiccator لمدة ٣٠ دقيقة في الاقل ثم زن العلبة مع التربة.
٤- استخدم المعادلة التالية لحساب نسبة الرطوبة

$$\text{النسبة المئوية للرطوبة} = \frac{\text{التربة الرطبة (غرام)} - \text{التربة الجافة (غرام)}}{\text{التربة الجافة (غرام)}} \times ١٠٠$$

درجة تفاعل التربة (pH): الطريقة المعتمدة تشمل تحضير معلق التربة والماء بنسبة ١ : ١ وخطوات العمل هي:

١- زن ٥٠ غرام من التربة المجففة هوائياً والمطحونة (تمر عبر منخل فتحاته ذات قطر اقل من ٢ ملم) وضعها في بيكر زجاجي سعة ١٠٠ مل.
٢- اضف ٥٠ مل ماء مقطر ثم قم بعملية الرج جيداً واتركها لمدة نصف ساعة مع الرج كل عشرة دقائق لهذه الفترة الزمنية.

٣- بعد ساعة يرج المعلق وقم بتقدير درجة تفاعل التربة باستخدام جهاز الـ PH ذو القطب المركب Combined electrode ويغمر هذا القطب بالمعلق بما يقرب من ٣ سم وتؤخذ القراءة بعد الغمر بثلاثين ثانية.

٤- ارفع القطب المركب من المعلق واغسله بالماء المقطر وجففه بمنديل ناعم.

٥- يجب ملاحظة ما يأتي عند القياس

أ- اذا استخدم القطب المركب تأكد بان هذا القطب يحتوي على محلول كلوريد البوتاسيوم وبعض من كلوريد البوتاسيوم الصلب.

ب- نظم واضبط جهاز القياس باستخدام على الاقل ٢ من المحاليل المنظمة ذات درجات تفاعل مختلفة واعتيادياً يتم استخدام محاليل منظمة ذات درجة تفاعل ٧ و٩ وابدأ اولاً بالمحلول المنظم ذو درجة تفاعل ٩.

جـ- بالنسبة للترب ذات المحتوى العالي من المادة العضوية استخدم معلق بنسبة ١ : ٢ أو ١ : ٤ (تربة : ماء).

د- من الممكن استخدام غير الماء بتحضير معلق التربة حيث يمكن استخدام كلوريد البوتاسيوم (INKCl) اوكلوريد الكالسيوم ($0.01M\ CaCl_2$).

درجة التوصيل الكهربائي (EC) : إن طريقة التقدير تشمل :

١- تحضير معلق التربة والماء بنسبة ١ : ١ بنفس الطريقة التي تم اعتمادها في تقدير درجة تفاعل التربة

٢- ترشيح المعلق باستخدام ورقة الترشيح رقم ٤٢ باستخدام جهاز المص ويستمر الترشيح حتى تبدأ التربة على سطح ورقة الترشيح بالتكسر

٣- اذاكان الراشح غير رائق تعاد عملية الترشيح.

٤- انقل الراشح الرائق الى بيكر ذو سعة ٥٠ مل وتغمر خلية التوصيل الكهربائي لجهاز التقدير في الراشح وتؤخذ القراءة.

٥- ترفع الخلية للتوصيل الكهربائي من الراشح وتغسل بالماء المقطر وتجفف.

٦- القراءة تسجل بوحدة القياس مليموز/سم أو ملي سيمنز/سم أو دسي سيمنز/م. ١ دسي سيمنز/ م= مليموز/ سم.

تقدير كاربونات الكالسيوم في التربة : إن المواد المستخدمة في هذه الطريقة هي محلول حامض الهيدروكلوريك اعياري (يحضر باستخدام ٨٢,٨ مل من الحامض المركز تخفف

بلتر واحد من الماء المقطر) ؛ ومحلول هيدروكسيد الصوديوم اعياري (يحضر باستخدام ٤٠ غرام من هيدروكسيد الصوديوم تذاب في لتر واحد من الماء المقطر) ودليل الفينونفتالين (يحضر باذابة ٠,٥ غرام من مادة الفينونفتالين في ١٠٠ مل من كحول الايثانول).

وطريقة التقدير تشمل :

١ – زن ١ غرام من التربة المطحونة الناعمة وضعها في دورق مخروطي واضف اليها ١٠ مل من محلول حامض الهيدروكلوريك.

٢ – اخلط التربة بالحامض واتركها حتى الصباح أو قم بالتسخين على درجة ٥٠ – ٦٠ درجة مئوية واترك الدورق حتى يبرد.

٣ – اضف ٥٠ – ١٠٠ مل من الماء المقطر مع ٢ – ٣ قطرة من دليل الفينونفتالين.

٤ – سحح او عاير بمحلول هيدروكسيد الصوديوم مع رج الدورق حتى ظهور اللون الوردي وبعد ذلك مباشرة عين حجم هيدروكسيد الصوديوم المستخدم.

٥ – الحساب لنسبة كاربونات الكالسيوم في التربة يكون باعتماد المعادلة التالية :

$$\frac{١٠٠}{Wt.} \times ٠,٠٥ \times [(N_B \times R) - (N_A \times ١٠)] = \%\, CaCO_3$$

N_A = عيارية حامض الهيدروكلوريك

R = كمية هيدروكسيد الصوديوم المستخدمة (مل)

N_B = عيارية هيدروكسيد الصوديوم

wt = وزن التربة المستخدمة (غرام).

وبذلك تكون المعادلة بالشكل التالي :

النسبة المئوية لكاربونات الكالسيوم في التربة = [(١٠ × عيارية الحامض) – (كمية هيدروكسيد الصوديوم × عياريتها)] × ٠,٠٥ × $\frac{١٠٠}{\text{وزن التربة المستخدمة}}$

تقدير المادة العضوية للتربة : الطريقة المعتمدة هي اكسدة المادة العضوية باستخدام دايكرومات البوتاسيوم. والمواد المستخدمة في هذه الطريقه تشمل محلول دايكرومات البوتاسيوم (يذاب ٤٩,٠٤ غرام من دايكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ في قليل من الماء المقطر ويكمل الى لتر واحد) وحامض الكبريتيك المركز، ومحلول كبريتات الحديدوز والامونيوم(Ferrous Ammonium Sulfate $(NH_4)_2SO_4.FeSO_4.6H_2O$) الذي يحضر باذابة ١٩٦ غرام من هذه المادة في الماء المقطر مع اضافة ٥ مل من حامض الكبريتيك المركز وتخفف الى لتر واحد باستخدام الماء المقطر، ودليل داي فينايل امين -Diphen

ylamine indicator الذي يحضر باذابة غرام واحد من هذه المادة في ١٠٠ مل من حامض الكبريتيك المركز، وحامض الفسفوريك (H_3PO_4) المركز.

وطريقة التقدير تكون بالشكل الآتي :

١- خذ ١ غرام من التربة الجافة الناعمة وضعها في بيكر سعة ٥٠٠ مل .
٢- اضف ١٠ مل من محلول دايكرومات البوتاسيوم و ٢٠ مل من حامض الكبريتيك.
٣- قم بالرج واترك المحلول ساكناً لمدة ٣٠ دقيقة.
٤- اضف ٢٠٠ مل من الماء المقطر(De-ionized water)مع ١٠ مل من حامض الفسفوريك واترك المحلول حتىٰ يبرد.
٥- اضف من ١٠ - ١٥ قطرة من الدليل داي فينايل امين وضع البيكر علىٰ جهاز الرج المغناطيسي magnetic stirrer.
٦- سحح بواسطة محلول كبريتات الحديدوز والامونيوم حتىٰ يتغير اللون الىٰ الاخضر.
٧- حضر وبنفس الطريقة معلقين دون استخدام التربة (2 Blanks) يضمان كافة المواد الكيمياوية المستخدمة.
٨- اعتمد الحسابات التالية في تقدير مادة التربة العضوية.

مولارتي لمادة كبريتات الحديدوز والامونيوم = ١٠ / كمية كبريتات الحديدوز والامونيوم التي استخدمت لتسحيح ١٠ مل من محلول دايكرومات البوتاسيوم

النسبة المئوية للكاربون العضوي المؤكسد = [كمية كبريتات الحديدوز والامونيوم التي استخدمت لتسحيح ١٠ مل من محلول دايكرومات البوتاسيوم   كمية كبريتات الحديدوز التي استخدمت لتسحيح معلق التربة] × ٠,٣ × مولارتي لمادة كبريتات الحديدوز والامونيوم / غرام تربة

النسبة المئوية للكاربون العضوي الكلي = ١,٣٣٤ × الكاربون العضوي المؤكسد

النسبة المئوية للمادة العضوية = ١,٧٢٤ × الكاربون العضوي الكلي = ٢,٣ × الكاربون العضوي المؤكسد

تقدير السعة التبادلية الكايتونية (CEC) : إن المواد المطلوبة في هذه الطريقة هي محلول خلات الصوديوم (NaOAc) الذي يحضر باذابة ١٣٦ غرام من خلات الصوديوم في الماء المقطر (De-ionized water) ويخفف الى لتر واحد للحصول على المحلول ١ عياري ودرجة تفاعل محلول خلات الصوديوم يجب ان تكون ٨,٢ وهذا من الممكن الحصول عليه باستخدام حامض الخليك او هيدروكسيد الصوديوم. ومادة الايثانول تركيز ٩٥٪ ، ومحلول خلات الامونيوم (يحضر باضافة ٥٧ مل من حامض الخليك المركز الى ٧٠٠-٨٠٠ مل من الماء المقطر ومن ثم يبرد وبعد ذلك يضاف ٦٨ مل من هيدروكسيد الامونيوم المركز ومن ثم يبرد ، وهنا ايضاً يجب ان تكون درجة تفاعل المحلول ٧ وذلك باستخدام حامض الخليك او هيدروكسيد الصوديوم). وبعد كل ذلك يخفف المحلول الىٰ لتر واحد باستخدام الماء المقطر للحصول على محلول خلات الامونيوم ١ عياري. وطريقة التقدير تشمل النقاط التالية :

١- زن ٤ غرام من التربة ذات النسجة الناعمة او المتوسطة أو ٦ غرام من التربة ذات النسجة الخشنة وضعها في انبوبة جهاز الطرد المركزي واضف اليها ٣٣ مل من خلات الصوديوم ١ عياري وسد فتحة الانبوبة وقم بالرج لمدة خمسة دقائق.

٢- ضع الانبوبة مفتوحة في جهاز الطرد المركزي ثم شغل الجهاز على سرعة ٣٠٠٠ دورة في الدقيقة حتىٰ يصبح المحلول رائقاً. ثم تخلص من المحلول الرائق ومن ثم اضف ٣٣ مل من خلات الصوديوم ولأربعة مرات تعاد العملية وتخلص من المحلول الرائق في كل مرة.

٣- اضف ٣٣ مل كحول الايثانول واحكم غلق الانبوبة وقم بالرج لمدة خمسة دقائق وبعد ذلك افتح الانبوبة وضعها في جهاز الطرد المركزي حتىٰ يصبح المحلول رائقاً ومن ثم تخلص منه.

٤- اغسل عينة التربة باستخدام ٣٣ مل من كحول الايثانول ولثلاث مرات تكرر عملية الغسل وتخلص من المحلول الرائق في كل مرة بعد اجراء عملية الطرد المركزي.

٥- بعد التخلص من خلات الصوديوم يتم اضافة ٣٣ مل من محلول خلات الامونيوم ثم قم بالرج ووضع الانبوبة في جهاز الطرد المركزي وكرر العمليه ثلاث مرات وفي كل مرة رج لمدة خمسة دقائق واستخدم جهاز الطرد حتىٰ يصبح المحلول رائقاً ، ويستقبل الرائق للمرات الثلاثة بشكل كامل في دورق معياري حجم ١٠٠ مل ثم خفف باكمال الدورق بخلات الامونيوم ثم اخلطها.

٦ - قدر الصوديوم في المستخلص الرائق باستخدام جهاز قياس العناصر باللهب Flame photometer . والحسابات تكون بالشكل التالي :

السعة التبادلية الكاتيونية (مليمكافيء/ ١٠٠ غرام تربة)= الصوديوم في المستخلص (مليمكافيء/ لتر)× ١٠٠

―――――――――――

١٠× وزن التربة المستخدم

تقدير فسفور التربة : إن المواد المطلوبة في تقدير الفسفور المستخلص Extractable Phosphorus هي محلول هيدروكسيد الصوديوم ٥ عياري الذي يحضر باذابة ٢٠٠ غرام من هيدروكسيد الصوديوم فـي لتر واحـد من الماء المقطر، ومحلول بيكربونات الصوديوم ٠,٥ مولار والذي يحضر باذابة ٤٢ غرام من بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$ في ٩٠٠ مل من الماء المتحلل أيونياً وبعد ذلك يتم تنظيم درجة تفاعل المحلول الى ٨,٥ باستخدام هيدروكسيد الصوديوم ٥ عياري ، ومن ثم اكمل الحجم الى لتر واحد بالماء المقطر ، والمادة الاخرى حامض الكبريتيك ٥ عياري والذي يحضر بتخفيف ١٤١ مل من الحامض المركز الـى لتـر واحـد بالماء المقطر، ودليـل P – Nitrophenol تركيز ٠,٢٥٪ وزن الى حجم. ومحلول الفسفور القياسي الذي يحضر (بتجفيف ٢,٥ غرام من KH_2PO_4 لمدة ساعة واحدة وعند درجة حرارة ١٠٥ م° وبعد ذلك تبرد ويؤخذ منها ٢,١٩٧ غرام وتذاب فـي لتـر واحـد مـن المـاء المقطر باستخدام دورق حجمـي سعة لتر واحد ، وهـذا المحلول يحتوي على ٥٠٠ جزء بالمليون من الفسفور. يؤخذ ٥٠ مل من هذا المحلول ويوضع في دورق حجمـي سعـة ٢٥٠ مـل ويكمـل الحجـم باستخـدام المـاء المقطـر وهـذا المحلـول الجديد يحتوي على ١٠٠ جزء بالمليون فسفور، ومن هذا المحلول يخفف ٥ ، ١٠ ، ١٥ ، ٢٠ و ٢٥ مل الى ٥٠٠ مل باستخدام الماء المقطر وهـذا سوف يعطي محاليل قياسية تحتوي على ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ و ٥ جزء بالمليون من الفسفور على التوالي) . ومن المواد الاخرى المطلوبة في عملية التقدير هذه مادة A (التي تحضر باذابة ١٢,٠ غرام من Ammonium heptamolybdate $[(NH_4)_6MO_7O_{24}. \times 4H_2O]$ فـي ٢٥٠ مـل مـن المـاء المقطـر، وبعد ذلك يتم اذابة ٠,٢٩٠٨ غرام من antimony potassium tartrate $[KSbO.C_4H_4O_6]$ فـي ١٠٠ مـل مـن المـاء المقطـر، ومـن ثـم تضـاف كـلا المادتين المذابتين الى لتر واحد من حامض الكبريتيك ٥ عياري (١٤٨ مل من حامض الكبريتيك المركز في لتر واحد) وتمزج جيداً وبعد ذلك يخفف المحلول الجديد الى حجم ٢ لتر باستخـدام الماء المقطر، ومـادة B التـي تحضـر باذابـة ١,٠٥٦ غـرام مـن حامـض

الاسكوربيك في ٢٠٠ مل من مادة A وتمزج جيداً. ومادة B يجب ان تحضر كلما هنالك حاجة لها لانها لايسمح باستخدامها بعد ٢٤ ساعة. وطريقة العمل تشمل النقاط التالية :

١- زن ٥ غرام من التربة الجافة الناعمة ونوضع في دورق ايرلينماير حجم ٢٥٠ مل ويضاف اليها ١٠٠ مل من محلول بيكربونات الصوديوم.

٢- اقفل الدورق وقم بعملية الرج لمدة ٣٠ دقيقة باستخدام جهاز الرج على سرعة ٢٠٠ - ٣٠٠ دورة بالدقيقة. قم ايضاً بتهيئة عينة تنظيم blank تضم كل المواد المستخدمة باستثناء التربة.

٣- رشح المحلول باستخدام ورق ترشيح رقم ٤٠ وضع ١٠ مل من الراشح الرائق في دورق حجمي سعة ٥٠ مل.

٤- نظم درجة تفاعل الراشح عند درجة ٥ باستخدام حامض الكبريتيك ٥ عياري ، (وهذا ممكن الحصول عليه بأخذ ١٠ مل من محلول بيكربونات الصوديوم وتقدر كمية الحامض المطلوبة لتنظيم درجة تفاعل المحلول عند درجة ٥ باستخدام دليل P – Nitrophenol . وبعد ذلك اضف كمية الحامض اللازمة لكل العينات. إن اضافة ١ مل من حامض الكبريتيك ٥ عياري تكون كافية لتحميض كل ١٠ مل من $NaHCO_3$).

٥- اضف الماء المقطر الى حجم ٤٠ مل ومن ثم اضف ٨ مل من مادة B واكمل الحجم الى ٥٠ مل باستخدام الماء المقطر.

٦- اقرأ النفاذية(Transmittance)على جهاز الـ Spectrophotometer بعد ١٠ دقائق على طول موجي قدرة ٨٨٢ نانوميتر.

٧- حضر المنحنى القياسي بالشكل التالي :

أ- خذ ٢ مل من كل محلول قياسي (١ - ٥ جزء بالمليون) وضعها في دورق حجم ٥٠ مل.

ب- اضف ١٠ مل من محلول بيكربونات الصوديوم

جـ- نظم درجة التفاعل باستخدام حامض الكبريتيك ٥ عياري.

د- اضف ٨ مل من مادة B

هـ- اكمل الحجم الى ٥٠ مل باستخدام الماء المقطر.

٨- ارسم المنحنى بين النفاذية وتراكيز الفسفور.

الحسابات تكون بالشكل التالي

تركيز الفسفور المستخلص للتربة (جزء بالمليون) = تركيز الفسفور من المنحنى × $\frac{100}{50}$ × $\frac{50}{10}$

اما تقدير الفسفور الكلي Total phosphorus في التربة فيحتاج الى مادة حامض البيركلوريك تركيز ٦٠٪ ومادة Ammonium Heptamolybdate – Vanadate التي تحضر (باذابة ٢٥ غرام من ammonium heptamolybdate $[(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O]$ في ٤٠٠ مل من الماء المقطر، ومن ثم يتم اذابة ١,٢٥ غرام ammonium metavanadate (NH_4VO_3) في ٣٠٠ مل من الماء المغلي المقطر ويبرد المحلول ويضاف اليه ٢٥٠ مل حامض النتريك المركز ويبرد ثانية حتى درجة حرارة الغرفة وبعد ذلك قم بمزج محلول ammonium heptamolybdate مع محلول $NH_4VO_3 - HNO_3$ وخفف الى لتر واحد باستخدام الماء المقطر، ومادة محاليل الفسفور القياسية (التي تحضر بتجفيف ٢,٥ غرام من مادة KH_2PO_4 لمدة ساعة واحدة وعند درجة حرارة ١٠٥ مْ ومن ثم تبرد ويذاب منها كمية مقدارها ٠,٤٣٩٣ غرام في الماء المقطر وتوضع في دورق حجم ١ لتر ويكمل الحجم وهذا المحلول يحتوي على ١٠٠ جزء بالمليون فسفور، وبعد ذلك قم بتحضير محاليل قياسية تحتوي على ٢ – ١٠ جزء بالمليون وذلك بتخفيف جزء محدد ومحسوب من المحلول المحضر بالماء المقطر. وطريقة العمل تشمل النقاط التالية:

١– زن ٢ غرام من التربة الجافة الناعمة وضعها في انبوبة هظم سعة ٢٥٠ مل.
٢– اضف ٣٠ مل من $HCLO_4$ تركيز ٦٠٪ وعدد قليل من حجارة Pumice وامزج جيداً.
٣– ضع الانبوبة في المحل المخصص لها في جهاز الهظم الذي تم تسخينه مسبقاً حتى درجة ١٠٠ مْ.
٤– ارفع درجة الحرارة لجهاز الهظم حتى درجة ١٨٠ مْ وقم بعملية الهظم حتى تظهر غازات بيضاء اللون للحامض. استخدم كمية قليلة من حامض البيروكلوريك لغسل جوانب انبوبة الهظم كلما تطلب الامر ذلك.
٥– استمر بالهظم لمدة ٢٠ دقيقة اخرى وعملية الهظم الكلية تتطلب ٤٠ دقيقة.
٦– برد الخليط واضف الماء المقطر حتى حجم ٢٥٠ مل وامزج المحلول وقم بعملية الترشيح باستخدام ورق ترشيح رقم ٤١. ويجب ان نلاحظ بانه في حالة كون محتوى التربة من المادة العضوية عالياً ففي هذه الحالة يتم اضافة ٢٠ مل من حامض

النتريك المركز قبل الخطوة رقم – ٢ – في طريقة العمل وقم بالتسخين لأكسدة المادة العضوية.

٧– التقدير يكون عن طريق سحب ٥ مل من الخليط عن طريق الماصة وتوضع في دورق سعة ٥٠ مل وبعد ذلك يتم اضافة ١٠ مل من مادة Vanadomolybdate وبعدها يتم التخفيف باستخدام الماء المقطر حتى حجم ٥٠ مل.

٨– تقدر درجة الامتصاص absorbance بجهاز Spectrophotometer بعد ١٠ دقيقة وعلى موجة ٤١٠ نانوميتر.

٩– يحضر المنحنى القياسي بالخطوات التالية :

أ– يتم سحب ٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨ و ١٠ مل من محاليل الفسفور القياسية وتوضع في دورق حجم ١٠٠ مل.

ب– يضاف ١٠ مل من مادة Vanadomolybdate ويكمل الحجم الى ١٠٠ مل بالماء لاظهار اللون.

١٠– ارسم المنحنى بين درجة الامتصاص وتراكيز الفسفور في المحاليل القياسية.

١١– الحسابات تكون بالشكل التالي :

$$\text{تركيز الفسفور (جزء بالمليون)} = \text{تركيز الفسفور من المنحنى (جزء بالمليون)} \times \frac{٢٥٠}{س} \times \frac{٥٠}{ص}$$

حيث ان

س= محلول التربة المهظومة المستخدم (مل)

ص= وزن التربة المعدة للهظم (غرام)

تقدير البوتاسيوم المستخلص (المتبادل + الذائب) : إن المواد المطلوبة في طريقة التقدير هي محلول خلات الامونيوم ١ عياري الذي يحضر بإضافة ٥٧ مل من حامض الخليك المركز (CH_3COOH) الى ٧٠٠ او ٨٠٠ مل من الماء المقطر(De–Ionized water) وبعد ذلك يضاف ٦٨ مل هيدروكسيد الامونيوم المركز ويخفف بعد ذلك المحلول الى لتر واحد وتنظم درجة تفاعله الى ٧,٠ باستخدام حامض الخليك او هيدروكسيد الأمونيوم ، ومحاليل البوتاسيوم القياسية التي تحضر بإذابة ١,٩٠٧ غم من كلوريد البوتاسيوم (المجففة لمدة ١–٢ ساعة على درجة حرارة ١٢٠°م) في الماء المقطر (تخفف الى لتر واحد وهذه المحاليل يكون تركيز البوتاسيم فيها ١٠٠٠ جزء بالمليون ومن الممكن تحضير المحاليل القياسية منها عن طريق تخفيف ٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨ ، ١٠ ، ١٥ ، و٢٠ مل منها الى ١٠٠ مل للحصول على تراكيز بوتاسيوم في المحاليل القياسية من ٢٠ – ٢٠٠ جزء

بالمليون والتخفيف يكون بالماء المقطر (De-ionized water) ، وفي هذا الجانب يجب ان نلاحظ بأن المحاليل القياسية التي ستستخدم لتقدير البوتاسيوم الذائب تحضر باستخدام الماء بينما التي ستستخدم لتقدير البوتاسيوم المستخلص فتحضر بنفس الطريقة وباستخدام محلول خلات الامونيوم. وطريقة التقدير تشمل الخطوات التالية:

١- زن ٥ غرام من التربة الناعمة المطحونة وضعها في انبوبة الطرد المركزي سعة ٥٠مل، ويضاف اليها ٣٣ مل محلول خلال الامونيوم وترج لمدة ٥ دقائق باستخدام جهاز الرج ، والانبوبة تكون محكمة الغلق بغطاء مطاطي.
٢- قم بوضع الانبوبة في جهاز الطرد المركزي وشغل الجهاز حتى يصبح المحلول رائقاً وأجمع المستخلص الرائق في دورق معياري سعة ١٠٠مل من خلال ورقة ترشيح. كرر هذه العملية مرتين واجمع الرائق في كل مرة.
٣- خفف الرائق المجمع الى ١٠٠ مل باستخدام محلول خلات الامونيوم وبعد ذلك اقرأ تركيز البوتاسيوم بجهاز قياس العناصر باللهب (Flame photometer)
٤- حضر المنحنى القياسي باستخدام محاليل البوتاسيوم القياسية والحسابات تكون بالشكل التالي:

البوتاسيوم المستخلص (جزء بالمليون)= البوتاسيوم المقدر في مستخلص التربة (جزء بالمليون) × $\frac{١٠٠}{٥}$

حيث ان ١٠٠ = الحجم الكلي للمستخلص في طريقة العمل

٥ = وزن التربة المستخدمة في طريقة العمل بالغرام

• البوتاسيوم الذائب

هذا الجزء من البوتاسيوم هو قياس لكمية البوتاسيوم المستخلصة من التربة باستخدام الماء. وطريقة التقدير تشمل الخطوات التالية:

١- ضع ٥ غرام من التربة الناعمة وضعها في دورق ايرلنماير Erlenmeyer flask واضف اليها ١٠٠ مل من الماء المقطر وقم بعملية الرج لمدة ساعة.
٢- رشح وقم بقياس البوتاسيوم بجهاز قياس العناصر باللهب
٣- والحسابات تكون بالشكل التالي:

البوتاسيوم الذائب (جزء بالمليون) = البوتاسيوم المقدر في المستخلص (جزء بالمليون) × $\frac{١٠٠}{٥}$

• البوتاسيوم المتبادل يحسب بالشكل التالي:

البوتاسيوم المتبادل (جزء بالمليون)= البوتاسيوم المستخلص – البوتاسيوم الذائب

تقدير الصوديوم المتبادل: يمكن ان يقدر الصوديوم المتبادل بنفس الطريقة التي استخدمت في تقدير البوتاسيوم المتبادل ، حيث يقدر الصوديوم المستخلص (extractable Na) باستخدام خلال الامونيوم ، والصوديوم الذائب يقدر باستخدام الماء. والطريقة للعمل تستكمل بالشكل التالي:

١ – تحضر المحاليل القياسية للصوديوم (٢٠ – ٢٠٠ جزء بالمليون صوديوم) باستخدام خلات الامونيوم كمحلول لاستخلاص الصوديوم وباستخدام الماء المقطر للصوديوم الذائب.

تقدير الكالسيوم الذائب والمغنيسيوم الذائب: ان المواد المطلوبة في طريقة التقدير هي المحلول المنظم المتكون من كلوريد الامونيوم وهيدروكسيد الامونيوم والذي يحضر بإذابة ٦٧,٥ غرام من كلوريد الامونيوم NH_4Cl في ٥٧٠ مل من هيدروكسيد الامونيوم المركز (NH_4OH) باستخدام دورق حجمي سعة ١ لتر ويخفف المحلول باستخدام الماء المقطر الى لتـر واحـــد ، ودليل (Eriochrome black) الذي يحضر بإذابة ٠,٥ غرام من مادة ايروكروم السوداء مع ٤,٥ غرام من مادة hydroxylamine hydrochloride في ١٠٠ مل من الكحول الاثيلي المركز (ethyl alcohol 95%) ٩٥٪ ، ومادة الـ EDTA ٠,٠١ عياري (ethylene diamine tetraacetic acid 0.01N) التي تحضر من إذابة ٢ غرام من EDTA و ٠,٠٥ غرام من كلوريد المغنيسيوم ($MgCl_2$) في لتر واحد من الماء المقطر ،والمحـلـول القياسـي لكلوريد الكالسيوم ٠,٠١ عياري الذي يحضر من إذابة ٠,٥ غرام من كاربونات الكالسيوم النقية في ١٠ مل من حامض الهيدروكلوريك ٣ عياري ويخفف المحلول الى لتر واحد بالماء ، ومحلول هيدروكسيد الصوديوم ٢ عياري الذي يحضر بإذابة ٨٠ غرام من هيدروكسيد الصوديوم في لتر واحد من الماء ، ودليل Ammonium purpurate الذي يحضر من مزج ٠,٥ غرام من مادة Ammonium purpurate مع ١٠٠ غرام من مادة كبريتات البوتاسيوم. وطريقة التقدير تشمل الخطوات التالية:

اولاً: الكالسيوم

١ – خذ ١٠ – ٢٠ مل من مستخلص التربة بواسطة الماصة وضعها في دورق ايرنماير

٢ – خفف الى ٢٠–٣٠ مل بالماء المقطر وأضف ٢ – ٣ مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم وحوالي ٥٠ ملغم من دليل Ammonium purpurate .

٣- قم بعملية التسحيح باستخدام مادة EDTA ٠,٠١ عياري قطرة بقطرة حتى يتغير لون المحلول من الاحمر الى اللون الارجواني.
٤- حضر عينة تنظيم blank بشكل مستمر تضم كل من مادة هيدروكسيد الصوديوم ٢ عياري ودليل Ammonium purpurate وفي مثل هذه العينة ١-٢ نقطة من مادة EDTA تكون كافية لتمييز نقطة نهاية التسحيح.

ثانياً: الكالسيوم + المغنيسيوم

١- خذ ١٠ - ٢٠ مل من مستخلص التربة بواسطة الماصة وضعها في دورق سعة ٢٥٠ مل وخفف الى ٢٠-٣٠ مل بالماء المقطر، وبعد ذلك أضف ٣-٥ مل من المحلول المنظم المتكون من كلوريد الامونيوم وهيدروكسيد الامونيوم مع قطرات قليلة (بضعة قطرات) من دليل ايروكروم الاسود.
٢- قم بعملية التسحيح باستخدام مادة EDTA ٠,٠١ عياري قطرة بقطرة حتى يتغير لون المحلول من الاحمر الى اللون الازرق

ثالثاً: الحسابات تكون بالشكل التالي:

الكالسيوم او (الكالسيوم + المغنيسيوم) مليمكافيء/لتر

$$= \frac{\text{مادة EDTA المستخدمة في التسحيح (مل)} \times \text{عياريتها} \times 1000}{\text{حجم المستخلص الذي تم تسحيحه}}$$

المغنيسيوم (مليمكافىء/ لتر)= الكالسيوم+ المغنيسيوم (مليمكافىء/ لتر)- الكالسيوم (مليمكافىء / لتر)

رابعاً: معايرة EDTA

١- لغرض المعايرة يؤخذ ١٠مل من كلوريد الكالسيوم ٠,٠١ عياري وتجري المعايرة حيث تعامل مادة كلوريد الكالسيوم بنفس طريقة العمل التي تم تقدير الكالسيوم، والكالسيوم+ المغنيسيوم على التوالي.
٢- تقدر عيارية EDTA بالشكل التالي:

$$\text{عيارية EDTA} = \frac{10 \times 0.01}{\text{حجم EDTA المستخدمة بالتسحيح (مل)}}$$

١٠= عدد ملترات كلوريد الكالسيوم المستخدمة
٠,٠١= عيارية كلوريد الكالسيوم

ملاحظات

١- العيارية في تقدير الكالسيوم هي اعتيادياً اعلى بنسبة ٣٪- ٥٪ مما هو عليه في تقدير الكالسيوم+ المغنيسيوم.

٢- اذا كان المستخلص المشبع للتربة غير كافياً فمن الممكن تحضير معلق تربة- ماء بنسبة ١ الى ٥ (1:5 ratio soil / water) ويرج لمدة ٣٠ دقيقة ويرشح ، ويستخدم الراشح للتحليل.

٣- اذا استخدم جهاز الامتصاص الذري atomic absorption Spectro- photometer فان كمية قليلة من مستخلص التربة المشبع يكون كافياً لتقدير الكالسيوم والمغنيسيوم.

تقدير الصوديوم: ان المواد المطلوبة في طريقة التقدير هي محلول كلوريد الصوديوم القياسي (١٠٠٠ جزء بالمليون) الذي يحضر من إذابة ٢,٥٤١٨ غرام من كلوريد الصوديوم الجاف في لتر من الماء المقطر، ومادة كلوريد الليثيوم (١٠٠ جزء بالمليون) التي تحضر من اذابة ٦,١٠٩ غرام من مادة LiCl الجافة في لتر واحد من الماء. وطريقة التقدير تشمل الخطوات التالية :

١- باستخدام محلول كلوريد الصوديوم المحضر وكلوريد الليثيوم المحضر يتم تحضير المحاليل القياسية لكلوريد الصوديوم التي تحتوي على تراكيز صفر، ٢٥ ، ٥٠ ، ٧٥ ، ١٠٠ ، ١٥٠ ، و٢٠٠ جزء بالمليون من الصوديوم باستخدام الماء المقطر ويضاف لكل محلول قياسي ٢٥ جزء بالمليون/ لتر من LiCl .

٢- ارسم منحنى القياس لمحاليل الصوديوم القياسية باستخدام جهاز قياس العناصر باللهب Flame photometer .

٣- قم بقياس مستخلص التربة على الجهاز واحسب تركيز الصوديوم من المنحنى.تركيز الصوديم (مليمكافيء / لتر) = تركيز الصوديوم من المنحنى (مليمكافيء/لتر) × عامل التخفيف

تركيز الصوديوم (جزء بالمليون)= تركيز الصوديوم (مليمكافيء/لتر) × عامل التخفيف × ٢٣ (الوزن الذري للصوديوم).

تقدير الكاربونات والبيكاربونات في التربة: إن المواد المطلوبة في طريقة التقدير هي صبغة ال methyl orange (٠,٠١٪ في الماء المقطر) وصبغة الفينونفثالين (١٪ في الايثانول) ، وحامض الكبريتيك ٠,٠١ عياري. وطريقة التقدير تشمل الخطوات التالية :

١- خذ ١٠-١٥ مل من مستخلص التربة بواسطة الماصة وضعها في جفنة خزفية

٢- أضف قطرة واحدة من صبغة الفينونفثالين، فاذا تلون المستخلص باللون الاحمر الوردي (Pink)، قم باضافة حامض الكبريتيك ٠,٠١ عياري باستخدام السحاحة قطرة فقطرة حتى يختفي اللون. تسجل كمية الحامض المستخدم بالتسحيح (س).

٣- اكمل عملية التسحيح باستخدام حامض الكبريتيك بعد اضافة قطرتين من صبغة الـ methyl orange حتى يتغير اللون الى اللون البرتقالي تسجل كمية الحامض المستخدم بالتسحيح (ص).

٤- حضر عينة تنظيم (blank) للمواد المستخدمة والتي قراءتها ستطرح من حسابات التقدير.

٥- الحسابات تكون بالشكل التالي:

CO_3^{--} (مليمكافيء / لتر) = ٢ س × عيارية حامض الكبريتيك × ١٠٠٠

عدد المليلترات التي استخدمت في التسحيح

HCO_3^- (مليمكافيء /لتر)= (ص- ٢س) × عيارية حامض الكبريتيك × ١٠٠٠

عدد المليلترات التي استخدمت في التسحيح

تقدير الكلوريد في التربة: ان المواد المطلوبة في طريقة التقدير هي كرومات البوتاسيوم (٥٪ في الماء المقطر) وتحضر (بإذابة ٥ غرام من كرومات البوتاسيوم في ٥٠ مل من الماء المقطر، ثم إضافة قطرات من نترات الفضة ($AgNO_3$0.01N) ٠,٠١ عياري حتى يتكون راسب احمر اللون، وبعد ذلك قم بعملية الترشيح ثم خفف الى حجم ١٠٠ مل باستخدام الماء المقطر)، ومادة نترات الفضة التي تحضر بإذابة ١,٦٩٦ غرام من مادة نترات الفضة الجافة باستخدام الماء المقطر وتخفف بعد ذلك الى لتر واحد، ومادة محلول كلوريد الصوديوم التي تحضر باذابة ٠,٥٨٥ غرام من كلوريد الصوديوم الجاف في لتر واحد من الماء المقطر، ثم سحح ١٠ مل من هذا المحلول بنترات الفضة بعد اضافة ٤ قطرات من كرومات البوتاسيوم حتى يتكون اللون البني المحمر، وقم باخذ القراءة (س) ومنها يمكن تقدير عيارية نترات الفضة. وطريقة التقدير تشمل الخطوات التالية:

١- خذ ٥-١٠ مل من مستخلص التربة المشبع وضعها في جفنة خزفية
٢- أضف ٤ قطرات من كرومات البوتاسيوم المحضرة
٣- قم بالتسحيح باستخدام نترات الفضة حتى يتكون اللون البني المحمر
٤- سجل القراءة من السحاحة (ص)
٥- حضر عينتي تنظيم (2 blanks) بنفس الطريقة باستخدام الماء المقطر وخذ القراءة للتسحيح (ع)، والحسابات تكون بالشكل التالي:

Cl^- (مليمكافيء/لتر) = (ص-ع) × عيارية نترات الفضة × ١٠٠٠
____
مل مستخلص التربة المشبع الذي استخدم للتسحيح (مل)

تقدير الكبريت في التربة

ان المواد المطلوبة في طريقة التقدير هي كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2.2H_2O$) بتركيز ٠,١٥٪ الذي يحضر من اذابة ١,٥ غرام من كلوريد الكالسيوم في ٧٠٠ مل من الماء المقطر ومن ثم يخفف الى لتر واحد بالماء، وحامض الهيدروكلوريك (التركيز ٦ مولر)، وكلوريد الباريوم ($BaCl_2.2H_2O$) ومادة السوربتول (Sorbitol 70%)، ومادة كبريتات البوتاسيوم. إضافة الى المواد اعلاه قم بتحضير محاليل الكبريت القياسية (أذب ٠,٥٤٣٤ غرام من كبريتات البوتاسيوم في لتر واحد من الماء المقطر وهذا المحلول يحتوي على ١٠٠ ملغرام كبريتات / لتر، انقل صفر، ٥، ١٠، ٣٠، ٤٠، و٥٠ مل من هذا المحلول الى دوارق سعة ١٠٠ مل واكملها للحجم باستخدام كلوريد الكالسيوم المحضر، وهذه المحاليل القياسية المحضرة تحتوي على صفر، ٥، ١٠، ٣٠، ٤٠، ٥٠ ملغرام كبريتات / لتر.

وطريقة التقدير تشمل الخطوات التالية:

١- ضع ٥ غرام من التربة الجافة الناعمة المطحونة في دورق سعة ١٥٠ مل.
٢- اضف ٢٥ مل من محلول كلوريد الكالسيوم المحضر (لا تغلق الدورق).
٣- قم بعملية الرج لمدة ٣٠ دقيقة باستخدام جهاز الرج.
٤- قم بعملية الترشيح باستخدام ورق الترشيح رقم ٤٢.
٥- خذ ١٠ مل من الراشح عديم اللون وضعه في انبوبة اختبار سعة ٥٠ مل.
٦- اضف ١ مل من حامض الهيدروكلوريك ٦ مولار، ثم اضف ٥ مل من محلول السوربتول وبعد ذلك اضف ١ غرام من كلوريد الباريوم البلورية.

٧- قم بعملية الرج باستخدام جهاز الرج لمدة ٣٠ ثانية لاذابة كلوريد الباريوم والحصول على معلق متجانس.
٨- قم بقراءة التعكر (Turbidity) للمحاليل القياسية التي تحتوي على تراكيز صفر- ٥٠ ملغم كبريتات/ لتر (جزء بالمليون) باستخدام جهاز الـ Spectro Photometer (470 nm).
٩- قم بقراءة عينة التربة واستخدم المنحنى للمحاليل القياسية للحصول على تركيز الكبريتات في التربة، والحسابات تكون بالشكل التالي:

SO_4 في التربة (جزء بالمليون)=الكبريتات في التربة (جزء بالمليون)× ٥

٥= عامل التخفيف (٥ غرام تربة: ٢٥ مل مستخلص)

ملاحظة:

يجب ان تكون قراءة مستخلص التربة والمحاليل القياسية خلال ٢ - ٣ دقيقة وبخلافه قم بعملية الرج قبل القراءة بالجهاز.

تقدير البورون باستخلاصه من التربة باستخدام الماء الحار

إن المواد المطلوبة في طريقة التقدير هي المحلول المنظم الذي يحضر (باذابة ٢٥٠ غرام من خلات الامونيوم (NH_4OA_c) و ١٥ غرام من ملح (EDTA disodium) في ٤٠٠ مل من الماء المقطر. ومن ثم اضف وببطىء ١٢٥ مل مادة glacial acetic acid ثم قم بعملية الخلط)، ومادة الفحم النشط الخالي من البورون (Activated charcoal) ودليل Azomethine- H الذي يحضر باذابة ٠,٤٥ غرام من مادة Azomethine-H في ١٠٠ مل من محلول حامض L-ascorbic ذو تركيز ١٪، وهذا الدليل يجب ان يحضر اسبوعياً ويحفظ في الثلاجة داخل المختبر، والمادة الاخرى المستخدمة في التقدير هي المحاليل القياسية للبورون والتي تحضر (باذابة ٠,١١٤ غرام من حامض البوريك (H_3BO_3) في الماء المقطر ويكمل الحجم الى ١ لتر بالماء المقطر وهـذا المحـلول يحتوي على ٢٠ جزء بالمليون من البورون) ويخفف ٢,٥، ٥,٠، ٧,٥، ١٠,٠، ١٢,٥ و ١٥ مل من هذا المحلول الى ١٠٠ مل باستخـدام المـاء المقطر للحصول على محاليل قياسية تحتوي على ٠,٥، ١,٠، ١,٥، ٢,٠، ٢,٥ و ٣,٠ جزء بالمليون من البورون على التوالي. وطريقة التقدير تشمل الخطوات التالية:

١ - ضع ١٠ غرام من التربة في دورق ايرنماير حجم ٥٠ مل قد عومل مسبقاً بحامض الهيدروكلوريك المركز لمدة اسبوع .
٢ - اضف ٠,٢ غرام من الفحم المنشط الخالي من البورون .
٣ - اضف ٢٠ مل من الماء المقطر .
٤ - قم بالتسخين على جهاز Hot plate لمدة ٥ دقائق والدورق مغطى بزجاجة ساعة .
٥ - رشح المعلق مباشرة باستخدام ورق ترشيح رقم ٤٢ والراشح يكون جاهز لتقدير البورون .
٦ - انقل ١ مل من الراشح الى انبوبة اختبار سعة ١٠ مل .
٧ - اضف ٢ مل من المحلول المنظم المحضر وامزج جيداً .
٨ - اضف ٢ مل من مادة Azomethine- H وامزج جيداً .
٩ - بعد ٣٠ دقيقة قم بقراءة درجة الامتصاص على جهاز Spectrophotometer عند درجة (420 nm) واستخرج تركيز البورون في عينة التربة باستخدام المنحنىٰ الخاص بالمحاليل القياسية الذي رسم بعد قراءة درجات الامتصاص لهذه المحاليل .
١٠ - الحسابات تكون بالشكل التالي :

البورون في التربة (جزء بالمليون) = س × ٢

حيث ان : س = تركيز البورون من المنحنىٰ القياسي (جزء بالمليون)

٢ = عامل التخفيف (التربة : محلول الاستخلاص)

ملاحظة

١ - حضر عينة تنظيم (blank) للمواد المستخدمة .
٢ - استخدم زجاجيات معاملة مسبقاً بحامض الهيدروكلوريك المركز .

تقدير العناصر الكاتيونية الصغرىٰ في التربة (Extractable micronutrient cations)

إن المواد المطلوبة في طريقة التقدير هي محلول الاستخلاص DTPA (diethylen-etriamine pentuacetic acid) والذي يحضر [بوزن ١,٩٧ غرام من DTPA و ١,١ غرام من $CaCl_2$ أو ١,٤٧ غرام من $CaCl_2.2H_2O$ وتوضع في بيكر وتتم اذابتها باستخدام الماء وبعد ذلك تنقل الى دورق حجمي سعة ١ لتر، ومن ثم يتم وزن ١٤,٩٢ غرام من مادة TEA (triethanolamine) في بيكر آخر وتنقل باستخدام الماء المقطر الى الدورق ذو الحجم ١ لتر ويكمل الى حجم ٩٠٠ مل باستخدام الماء

المقطر. وبعد ذلك يتم تنظيم درجة تفاعل المحلول عند ٧,٣ باستخدام حامض الهيدروكلوريك ٦ عياري ويكمل الحجم الى لتر باستخدام الماء المقطر. محلول الاستخلاص النهائي هذا يضم ٠,٠٠٥ مولار DTPA و ٠,١ مولار $CaCl_2$ و ٠,١ مولار TEA] ، والمادة الاخرىٰ المطلوبة في عملية التقدير هي المحاليل القياسية للعناصر الصغرىٰ وتشمل

الحديد صفر، ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ جزء بالمليون

الزنك صفر، ٠,٢ ، ٠,٤ ، ٠,٦ ، ٠,٨ ، ١,٠ جزء بالمليون

النحاس صفر، ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ جزء بالمليون

المنغنيز صفر، ١,٠ ، ١,٥ ، ٢,٠ ، ٢,٥ جزء بالمليون

وطريقة التقدير تشمل الخطوات التالية :

١ - اضف ٢٠ مل من محلول الاستخلاص المحضر الى ١٠ غرام من التربة الموضوعة في دورق الاستخلاص حجم ١٢٥ مل وقم بعملية الرج باستخدام جهاز الرج (reciprocating shaker) لمدة ساعتين ثم قم بعملية الترشيح.

٢ - قم بقياس Zn و Fe و Cu و Mn مباشرة في الراشح باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Atomic absorption spectrophotometry) والمصباح (lamp) الخاص بكل عنصر.

٣ - الحسابات تكون بالشكل التالي :

الزنك او الحديد او النحاس او المنغنيز في التربة (جزء بالمليون) = [التركيز في الراشح (جزء بالمليون) - التركيز في عينة التنظيم] × ٢

حيث ان :

التركيز في عينة التنظيم = Blank

٢ = عامل التخفيف (١ : ٢ تربة - نسبة الاستخلاص)

تحليل النبات

تقدير الفسفور الكلي

ان المواد المطلوبة هي خليط موليبدات الامونيوم وفنديت الامونيوم وحامض النتريك (Ammonium molybdate Ammonium vanadate in Nitric acid) والذي يحضر باذابة ٢٢,٥ غرام من موليبدات الامونيوم في ٣٠٠ مل من الماء واذابة ١,٢٥ غرام من مادة ammonium metavana date في ٤٠٠ مل من الماء الحار وتخلط المادتين المحضرتين في دورق حجم لتر واحد ويترك الخليط حتىٰ يبرد وبعد ذلك يضاف ببطىء ٢٥٠ مل من حامض النتريك الى الخليط ويبرد ومن ثم يكمل الحجم الى لتر بالماء ، والمادة الاخرىٰ المطلوبة هي محاليل الفسفور القياسية التي تحضر باذابة ٠,٢١٩٧ غرام من KH_2PO_4 في لتر واحد من الماء المقطر وهذا المحلول يحتوي على ٥٠ جزء بالمليون P ، ومنه بالامكان تحضير المحاليل القياسية حيث يؤخذ منه ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، و ٥ مل وتوضع في دورق حجم ١٠٠ مل ويكمل الحجم باستخدام الماء المقطر وهذه المحاليل الجديدة تحتوي على ٠,٥ ، ١ ، ١,٥ ، ٢ و ٢,٥ جزء بالمليون P .

وطريقة العمل تشمل النقاط التالية :

١ – زن ٠,٢٥ غرام من عينة حبوب النبات الجافة المطحونة أو ٠,٥ غرام من مادة النبات الجافة غير الحبوب (Straw) وضعها في انبوبة الهضم سعة ١٠٠ مل.

٢ – اضف ٣ غرام من خليط العامل المساعد (الذي يحضر بمزج كبريتات البوتاسيوم والسيلينيوم المطحونة الناعمة بنسب وزنية هي على التوالي ١٠٠ : ١,٠) ، وكذلك اضف ٣ قطع من (pumice boiling granules) .

٣ – اضف ١٠ مل من حامض الكبريتيك المركز وامزج جيداً.

٤ – ضع الانبوبة في جهاز الهضم ونظم درجة الحرارة عند ٣٨٠ م واستمر بالهضم لمدة ٢ ساعة بعد ان يصبح المحلول رائقاً.

٥ – بعد اكتمال الهضم اخرج الانبوبة من الجهاز وبردها واكمل الحجم الى ١٠٠ مل باستخدام الماء المقطر .

٦ – قم بعملية الترشيح (ورق ترشيح رقم ١) واجمع الراشح في انبوبة صغيرة.

٧ – خذ ١٠ مل من الراشح وضعه في دورق حجم ١٠٠ مل واضف اليه ١٠ مل من خليط موليبدات الامونيوم وفنديت الامونيوم في حامض النتريك واكمل الحجم الى ١٠٠ مل باستخدام الماء المقطر .

٨ – اترك المحلول لمدة ٣٠ دقيقة من اجل تكون اللون وبعد ذلك قم بقراءة نسبة النفاذية بجهاز Spectrophotometer عند طول موجي قدره ٤١٠ نانوميتر.

٩ – قم بقراءة نسبة النفاذية في محاليل الفسفور القياسية التي يجب ان يضاف اليها ١٠ مل من خليط العامل المساعد قبل اكمال الحجم الى ١٠٠ مل بالماء المقطر وبعد ذلك ارسم المنحنىٰ لهذه المحاليل بين النفاذية وتركيز الفسفور فيها.

١٠ – الحسابات تكون بالشكل التالي :

نسبة الفسفور (P %) في النبات = تركيز الفسفور (جزء بالمليون) من المنحنىٰ × $\frac{١٠٠}{١٠}$ × $\frac{١٠٠}{\text{وزن العينة النباتية}}$ × $\frac{١٠٠}{١٠٠٠٠}$

تقدير P ، K ، Ca ، Mg ، Na ، Fe ، Zn ، Cu ، Mn بطريقة الحرق الجاف للنبات :

وطريقة التقدير تشمل الخطوات التالية :

١ – زن ٠,٥ – ١ غرام من عينة النبات الجافة المطحونة وضعها في بيكر حجم ٣٠ أو ٥٠ مل.

٢ – ضع البيكر في فرن (muffle furnace) وارفع درجة الحرارة تدريجياً حتىٰ تصل الى درجة ٥٥٠ ْم.

٣ – استمر في الحرق لمدة ٥ ساعة بعد تنظيم درجة الحرارة عند ٥٥٠ ْم.

٤ – بعد ذلك افتح واغلق الفرن من اجل التبريد السريع ، واخرج البيكر عندما يبرد من الفرن.

٥ – اذب الرماد الذي تم الحصول عليه نتيجة عملية الحرق في ٥ مل من حامض الهيدروكلوريك ٢ عياري وامزج جيداً.

٦ – بعد ١٥ – ٢٠ دقيقة اكمل الحجم (اعتيادياً الى ٥٠ مل) باستخدام حامض الهيدروكلوريك ٠,١ عياري.

٧ – امزج جيداً واترك المحلول لمدة ٣٠ دقيقة وبعد ذلك قم بعملية الترشيح باستخدام ورق الترشيح رقم ٤٢.

٨ – قدر في الراشح الفسفور بطريقة اللون الاصفر باستخدام جهاز Colorimeter والبوتاسيوم والصوديوم بجهاز Flame photometer والكالسيوم والمغنيسيوم والزنك والنحاس والحديد والمنغنيز بجهاز Atomic absorption spectroscopy.

٩- ملاحظة : ان تقدير عناصر Fe, Zn, Mn, Cu بهذه الطريقة تكون للنباتات ذات المحتوى القليل من السليكا. اما بالنسبة للنباتات ذات المحتوى العالي من السليكا فتستخدم طريقة الهظم الرطب.

تقدير البورون في النبات

إن المواد المطلوبة في التقدير هي حامض الهيدروكلوريك (١ : ١) ومادة C_aO والمواد المحلول المنظم و Azomethine- H والمحاليل القياسية للبورون (لاحظ طرق تحضيرها في تقدير البورون في التربة). وطريقة التقدير تشمل الخطوات التالية :

١- زن ١ غرام من مادة النبات الجافة وامزجها مع ١ غرام من C_aO في جفنة خزفية.
٢- ضع الخليط في الفرن عند درجة حرارة ٥٠٠ م والتي ترفع تدريجياً.
٣- استمر بالحرق لمدة ٦ ساعة على درجة حرارة ٥٠٠ م.
٤- برد الفرن واخرج الجفنة ورطبها بخمسة قطرات من الماء المقطر (اي رطب الرماد) واضف ٣مل من حامض الهيدروكلوريك (١ : ١)، وسخن على حمام بخاري لمدة ٢٠ دقيقة واتركها لمدة ساعة عند درجة حرارة المختبر.
٥- رشح باستخدام ورق الترشيح رقم (١) في دورق حجم ٥٠مل واكمل الحجم باستخدام الماء المقطر.
٦- التقدير يكون بنفس الطريقة التي استعملت لتقدير البورون باستخلاصه من التربة باستخدام الماء الحار.
٧- الحسابات تكون بالشكل التالي :

تركيز البورون في النبات (جزء بالمليون)= تركيز البورون من المنحنى القياسي (جزء بالمليون× ٥٠ (عامل التخفيف اي آخر حجم للهظم).

اما بالنسبة لتقدير النيتروجين في التربة والنبات الكلي او غير الكلي فهناك العديد من الطرق المستخدمة لذلك ولكثرتها فيترك لمدرس المادة اختيار الطريقة المناسبة حسب الامكانات المتوفرة من الاجهزة والمواد الكيمياوية والمستلزمات الاخرى المطلوبة.

رابعاً: الاختبارات البايولوجية: ان استخدام النبات طريقة من طرق معرفة مدى الحاجة الى التسميد يعد من الطرق المهمة لتقدير خصوبة التربة ومعرفة مقدرتها الامدادية للعناصر الغذائية. ومن الاختبارات البايولوجية :

١ – التجارب الحقلية التابعة للهيئات البحثية العلمية.
٢ – التجارب المختبرية وتجارب البيوت الزجاجية وهذه تشمل تجارب متشرلش ونيوباور وغيرها من التجارب.
٣ – التجارب في حقول المزارعين.
٤ – تجارب الاحياء الدقيقة. وهذه تشمل استعمال الكائنات الحية الدقيقة مثل Azotobacter او Aspergillus nigher او Cunnighamella تزرع هذه الكائنات على قرص من التربة او في دوارق وتغذى بمحلول غذائي كامل ماعدا العنصر المراد دراسته وتوضع بعد ذلك في حاضنة معينة يقدر بعدها كمية النمو التي تتناسب مع كمية العنصر في التربة.

خامساً: استعمال النظائر المشعة: بعد ان تمكن العلماء من استخدام النظائر المشعة في الدراسات الخاصة في خصوبة التربة وتغذية النبات وخاصة تقدير وتقييم جاهزية العناصر الغذائية. ونظراً لانتشار النظائر المشعة لعدد من العناصر فقد اصبح من الممكن استخدامها في تقويم خصوبة التربة. وهذا الاسلوب قابل للتطبيق بصورة خاصة للعناصر ذات النظائر المشعة مثل P – 32 و Ca – 45. ان الفكرة الاساس للنظائر المشعة تعتمد على الاشعة الصادرة من النظائر التي تحفز عملية تتبع مصيرها ونهايتها داخل التربة. وهذه النظائر تتوازن مع جزء العنصر الثابت العائد لها داخل التربة الذي يمكن الحصول عليه من لدن النبات. وعلى هذا الاساس يمكن معرفة درجة خصوبة التربة من حيث محتواها من العنصر الغذائي.

17.3 طرق اضافة الأسمدة

بعد ان يتم تقويم التربة من حيث درجة خصوبتها وامدادية النبات بالعناصر الغذائية وتقدير احتياجها من العناصر الغذائية التي يجب ان تضاف الى التربة على شكل أسمدة، فأنه يجب اختيار نوعية السماد وكميته، وبعد ذلك اختيار الطريقة المناسبة لاضافته، وذلك لكون طريقة الاضافة من أهم النقاط التي يجب مراعاتها في النظام التسميدي من أجل التوصل الى النتائج المتوخاة من اضافة الأسمدة للتربة لزيادة الانتاج كماً ونوعاً. ومن أهم طرق اضافة الأسمدة هي:

١ - **طريقة النثر:** في هذه الطريقة تضاف الأسمدة بصورة منتظمة على سطح التربة قبل الزراعة أو بعدها مباشرة مراعى فيها التوزيع الجيد، وفي بعض الأحيان يمكن أن تقلب

الأسمدة المنثورة على سطح التربة مع سطح التربة في المناطق الرطبة وفي الزراعة بدون حراثة يمكن أن تكون هذه الطريقة لاضافة الأسمدة ملائمة ومناسبة. ولا يوصى باضافة الأسمدة الفوسفاتية بهذه الطريقة، إذ ان هذه الطريقة تتيح للفسفور الاتصال بجزيئات التربة وبمساحات سطحية كبيرة مما يشجع على تثبيت الفسفور.

٢ – **طريقة Side band**: في هذه الطريقة تضاف الأسمدة على شكل أحزمة أو شرائط على جانبي خط زراعة البذور أو النباتات أو على جانب واحد. وهناك مكائن وآلات خاصة لوضع الأسمدة على بعد ٥–٨ سم من موضع البذور وبعمق ٣–٥ سم. يجب أن تعطى عناية كبيرة لهذه الطريقة، إذ يتطلب ضبط الآلات الواضعة للسماد وتوزيعه على المسافات المقررة لتلافي الاضرار.

٣– **طريقة وضع الأسمدة على خطوط**: يمكن استعمال الباذرات لوضع الأسمدة بهذه الطريقة مع البذور عند البذار. عند اضافة الأسمدة بمعدلات عالية فأن هذه الطريقة ربما تؤدي الى تأخر الانبات وفي بعض الحالات تؤدي الى خفض الحاصل.

٤ – **طريقة اضافة الأسمدة بعد انبات البذور**: وفي هذه الطريقة يمكن أن تضاف الأسمدة نثراً Top dressed للنباتات مثل محاصيل الحبوب أو المحاصيل العلفية، أو يمكن أن تضاف الأسمدة الى جانب خط الزراعة side dressed كما هو الحال في محاصيل القطن والذرة الصفراء.

أما من حيث اضافة الأسمدة السائلة فهناك عدة طرق للاضافة ومن أهمها:

١ – **الاضافة المباشرة للتربة**: في هذه الطريقة يجب أن تستعمل الآلات والأجهزة الخاصة لاضافة الأسمدة السائلة أو الأسمدة الواقعة تحت ضغط خاص. تستعمل البراميل المصنوعة من مادة الاستيل أو البلاستيك لوضع الأسمدة المركبة فيها، أما الأسمدة النيتروجينية السائلة فينصح فيها باستعمال مادة الألمنيوم في صناعة البراميل الخاصة لوضع الأسمدة فيها. تستعمل مادة الاستيل المطلي للبراميل الخازنة لسماد anhydrous ammonia. إن أسمدة anhydrous ammonia والأسمدة السائلة الموضوعة تحت ضغط يجب أن تحقن بأجهزة خاصة الى داخل التربة لمنع فقد النيتروجين بالتطاير والعمق الجيد هو ١٥ سم لسماد anhydrous ammonia و ٥ سم للأسمدة السائلة الاخرى.

٢- **الاضافة مع مياه الري** : يمكن اضافة سماد الامونيا ، ومحاليل النيتروجين ، وحامض الفسفوريك وفي بعض الحالات إضافة الأسمدة الكاملة مع مياه الري مما يؤدي الى ذوبانها وانتقالها الى محلول التربة . هذه الطريقة لاتحتاج الى أجهزة خاصة للاضافة .

٣- **الاضافة عن طريق الرش على النباتات** : للأوراق القابلية على امتصاص العناصر الغذائية وذلك عن طريق الثغور ومن ثم تنفذ تلك العناصر الى داخل الفراغات الهوائية . والطريق الآخر عن طبقة الكيوتكل من خلال التشققات وكذلك فأن مادة الكيوتكل تكون نفاذة للمادة والمحاليل بصورة جزئية . وفي حالة الاضافة بطريقة الرش يجب أن نتذكر بأن كمية قليلة فقط من العناصر الغذائية تؤخذ بهذه الطريقة مقارنة بما يحتاجه النبات وخاصة العناصر التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة ، مثل النيتروجين ، والفسفور والبوتاسيوم ، لهذا فأن رش النباتات بهذه العناصر الثلاثة لاتكون عملية (عدا اليوريا التي تمتص بصورة سريعة وتمثل داخل خلايا الورقة) . وهذه الطريقة عملية وإيجابية في حالة اضافة العناصر الغذائية مثل الحديد ، والنحاس والزنك والمنغنيز وذلك لكثرة المشاكل المتسببة لها عند اضافتها للتربة ، تلك التي تقلل من جاهزيتها للنبات .

من العوامل التي تؤثر في عملية امتصاص العناصر الغذائية من لدن النبات والمضافة بطريقة الرش هي :

١- **درجة الحراة** : في الجو الحار يكون تطاير الماء للمحلول الغذائي المضاف بطريقة الرش عالياً مما يسبب تجمع الاملاح على الاوراق ويؤدي الى زيادة تركيز العنصر المضاف مسبباً حرقاً للاوراق . ومعالجة هذه النقطة يكون عن طريق :

أ- استعمال محاليل ذات تراكيز منخفضة .

ب- تضاف المحاليل في الظروف الباردة ، وعند وجود غيوم او في الصباح الباكر.

٢- **درجة الرطوبة** : يؤدي جفاف سطح الورقة الى زيادة معدل امتصاص الاوراق للعناصر الغذائية على شكل محاليل .

٣- **عمر الاوراق** : يزداد معدل امتصاص المحاليل المغذية من لدن الاوراق الحديثة الناضجة مقارنة بالاوراق المتقدمة في العمر.

٤ – هناك عوامل اخرى تؤثر في درجة امتصاص العناصر الغذائية المضافة بطريقة الرش من لدن اوراق النباتات مثل عوامل البيئة الاخرى كالضوء والرياح ، والتركيب الكيميائي لمحاليل الرش ودرجة حموضة المحاليل المغذية .

17.4 خلط الأسمدة

يقصد بخلط الأسمدة هنا : هو الخلط الميكانيكي وليس الكيميائي ويحصل هذا عن طريق اختيار مواد سمادية مناسبة لكل من العناصر السمادية الثلاثة النيتروجين ، والفسفور والبوتاسيوم (N, P_2O_5, K_2O) وخلط بعضها ببعض بالنسب والكميات المناسبة في اجهزة خلط ميكانيكية من اجل التجانس التام . وهنا يجب ان نذكر عدداً من التعاريف الخاصة بالأسمدة المخلوطة ومن هذه التعاريف : انها السماد الكامل ، ويقصد به السماد الذي يحتوي على العناصر السمادية الرئيسة الثلاثة اما السماد غير الكامل فهو السماد الذي يحتوي على عنصرين منها فقط . يكتب تحليل السماد المخلوط على (العبوة) بأرقام تعبر عن النسبة المئوية لكل من N ، و P_2O_5 ، وK_2O . فمثلاً 10:10:10 يحتوي على ١٠٪ N ، و١٠٪ P_2O_5 ، و ١٠٪ K_2O . والسماد 10:15:0 يحتوي على ١٠٪ N، و١٥٪ P_2O_5 وصفر K_2O .

الامثلة الحسابية الآتية توضح طريقة حساب النسب المئوية والكميات اللازمة من الاسمدة الاساس لصنع الأسمدة المخلوطة :

المثال(١) : حضر طناً واحداً لسماد خليط يحتوي على النسب الآتية 5 : 10 :10 اذا توفر لديك الاسمدة الآتية :

١ – كبريتات الأمونيوم ٢١٪ N .
٢ – سماد السوبرفوسفات ١٨ – ٢٢٪ P_2O_5
٣ – سماد كلوريد البوتاسيوم ٦٠٪ K_2O

طريقة الحساب

الطن الواحد من السماد المراد تحضيره يحتوي على :

٥٠ كغم من النيتروجين
١٠٠ كغم من P_2O_5
١٠٠ كغم من K_2O

١٠٠ ٢١
X ٥٠

$$\frac{١٠٠ \times ٥٠}{٢١}$$ = ٢٣٨,١ كغم من السماد النيتروجيني كبريتات الامونيوم نحتاج للحصول على ٥٠ كغم N .

١٠٠ ٢٠
X ١٠٠

$$\frac{١٠٠ \times ١٠٠}{٢٠}$$ = ٥٠٠ كغم من السماد الفوسفاتي سوبرفوسفات نحتاج للحصول على ١٠٠ كغم P_2O_5 .

١٠٠ ٦٠
X ١٠٠

$$\frac{١٠٠ \times ١٠٠}{٦٠}$$ = ١٦٦,٧ كغم من السماد البوتاسي كلوريد البوتاسيوم نحتاج للحصول على ١٠٠ كغم K_2O .

٢٣٨,١ + ٥٠٠ + ١٦٦,٧ = ٩٠٤,٨ كغم

١٠٠٠ − ٩٠٤,٨ = ٩٥,٢ كغم مادة مالئة

مثال (٢) : حضّر طن واحد لسماد خليط يحتوي على النسب 14 :14 :5 اذا توفر لديك الاسمدة الآتية :

١ – كلوريد الامونيوم ٢٦٪ N
٢ – الصخور الفوسفاتية المطحونة ٢٩٪ P_2O_5
٣ – كبريتات البوتاسيوم ٥٠٪ K_2O

طريقة الحساب

١٠٠ ٢٦
X ٥٠

$$\frac{١٠٠ \times ٥٠}{٢٦}$$ = ١٩٢,٣ كغم من السماد النيتروجيني كلوريد الامونيوم نحتاج للحصول على ٥٠ كغم N

١٠٠	٢٩
×	١٤٠

$$\frac{١٤٠ \times ١٠٠}{٢٩}$$ = ٤٨٢,٨ كغم من السماد الفوسفاتي نحتاج للحصول على ١٤٠ كغم P_2O_5

١٠٠	٥٠
×	١٤٠

$$\frac{١٤٠ \times ١٠٠}{٥٠}$$ = ٢٨٠ كغم من السماد البوتاسي كبريتات البوتاسيوم نحتاج للحصول على ١٤٠ كغم K_2O

١٩٢,٣ + ٤٨٢,٨ + ٢٨٠ = ٩٥٥,١ كغم

١٠٠٠ – ٩٥٥,١ = ٤٤,٩ كغم مادة مالئة

المثال (٣) : لديك ٣٣,٥٪ نترات الامونيوم ، 0 :46: 18 ، وكلوريد البوتاسيوم ، احسب الكمية اللازمة لتجهيز طن واحد من 5 :10 :20

طريقة الحساب

١٠٠	٤٦
×	١٠٠

$$\frac{١٠٠ \times ١٠٠}{٤٦}$$ = ٢١٧,٤ كغم من السماد 0 : 46 : 18 نحتاج للحصول على ١٠٠ كغم P_2O_5

١٠٠	١٨
٢١٧,٤	×

$$\frac{١٨ \times ٢١٧,٤}{١٠٠}$$ = ٣٩,٠٦ كغم N في ٢١٧,٤ كغم من السماد 0 : 46 : 18

في الطن من السماد الخليط نحتاج الى ٢٠٠ كغم نيتروجين

٢٠٠ – ٣٩,٠٦ = ١٦١ كغم نيتروجين نحتاج

۱۰۰ ۳۳,٥
× ۱٦۱

$\frac{۱٦۱ \times ۱۰۰}{۳۳,٥}$ = ٤٨٠,٦ كغم من السماد نترات الامونيوم نحتاج للحصول على ١٦١ كغم N .

۱۰۰ ٦۰
× ٥۰

$\frac{٥۰ \times ۱۰۰}{٦۰}$ = ٨٣,٣ كغم من السماد كلوريد البوتاسيوم نحتاج للحصول على ٥٠ كغم K_2O .

٢١٧,٤ + ٤٨٠,٦ + ٨٣,٣ = ٧٨١,٣ كغم
١٠٠٠ − ٧٨١,٣ = ٢١٨,٧ كغم مادة مالئة

المثال (٤) : لديك ٦٠٪ كلوريد البوتاسيوم ومحلول للنيتروجين ٤٠,٤٪ وسوبر فوسفات ٢٠٪ وسوبر فوسفات ٤٥٪ فما الكمية اللازمة من هذه الاسمدة لعمل طن من سماد خليط بنسب 12 :24 :4.

طريقة الحساب

۱۰۰ ٤۰,٤
× ٤۰

$\frac{٤۰ \times ۱۰۰}{٤۰,٤}$ = ٩٩,٠ كغم من سماد محلول النيتروجين نحتاج للحصول على ٤٠ كغم N

۱۰۰ ٦۰
× ۱۲۰

$\frac{۱۲۰ \times ۱۰۰}{٦۰}$ = ٢٠٠,٠ كغم من سماد كلوريد البوتاسيوم نحتاج للحصول على ١٢٠ كغم K_2O .

لحساب الكمية اللازمة من الاسمدة الفوسفاتية للحصول على ٢٤٠ كغم نتبع ماياتي :
١٠٠٠ − ٢٩٩ = ٧٠١ كغم نحتاج من السماد الفوسفاتي

س + ص = ٧٠١

س = ٧٠١ − ص

٠,٤٥ س + ٠,٢٠ ص = ٢٤٠

٠,٤٥ (٧٠١ − ص) + ٠,٢٠ ص = ٢٤٠

٣١٥,٤٥ − ٠,٤٥ ص + ٠,٢٠ ص = ٢٤٠

− ٠,٢٥ ص = − ٧٥,٤٥

ص = ٣٠١,٨ كغم

س = ٧٠١ − ٣٠٢ = ٣٩٩ كغم

17.5 الاختبارات اللازمة للتعرف على اهم الاسمدة

الاسمدة النتروجينية

اولاً : نترات الكالسيوم

للتعرف على هذا السماد تجرى اختبارات للامونيوم في المادة الصلبة للسماد حيث : يغلى جزء من المادة الصلبة للسماد مع الصودا الكاوية المركزة والنتيجة :

١ − تصاعد رائحة الامونيا

٢ − تغير لون ورقة عباد الشمس الحمراء المبللة بالماء الى اللون الازرق عند تعرضها للمحلول .

تجرى كذلك اختبارات على المستخلص المائي للسماد الذي يمكن الحصول عليه عن طريق اذابة ١ غم من السماد في ١٠ مل من الماء المقطر ويرشح ويختبر في الراشح :

١ − النترات : يوضع جزء من الراشح في انبوبة اختبار ويضاف اليه قليل من حامض الكبريتيك المركز ثم :

آ − تبرد محتويات الانبوبة بالماء

ب − تضاف كمية قليلة من محلول كبريتات الحديدوز الى محتويات الانبوبة عن طريق جدار الانبوبة .

والنتيجة هي تكون حلقة سمراء عند سطح الانفصال بين المحلولين.

الكالسيوم

١ – يضاف الى المستخلص المائي كمية قليلة من حامض الخليك

٢ – واوكزالات الامونيوم

٣ – تسخين المحلول

النتيجة تكون راسب ابيض من اوكزالات الكالسيوم

ثانياً : كبريتات الامونيوم

١ – في المادة الصلبة للسماد يجري اختبار وجود الامونيوم وباتباع الخطوات التي ذكرت في السماد نترات الكالسيوم.

٢ – اما في المستخلص المائي للسماد (يحضر المستخلص بنفس الطريقة التي حضر بها مستخلص سماد نترات الكالسيوم) فيجري اختبار:

الكبريتات : يضاف حامض الهيدروكلوريك المخفف وكلوريد الباريوم الى جزء من الراشح ، والنتيجة تكون راسب ابيض من كبريتات الباريوم.

ثالثاً : نترات الامونيوم

في هذا السماد يكشف عن النترات والامونيوم حسب الاختبارات التي مر ذكرها.

رابعاً : اليوريا

لاختبار سماد اليوريا توضع كمية قليلة من حبيبات السماد في انبوبة اختبار وتعرض الانبوبة بعد ذلك لمصدر حراري والنتيجة

١ – تصاعد رائحة الامونيا المتحررة

٢ – اليوريا المائعة تتحول الى مادة صلبة

٣ – المادة الصلبة المتكونة تبرد ثم تذاب في ٣–٥ مل من الماء ويضاف بعد ذلك الى المحلول قطرة واحدة من محلول كبريتات النحاس المخفف وبعد ذلك يضاف ٢–٣ قطرة من هيدروكسيد الصوديوم ثم يرج المحلول. النتيجة تكون لون أرجواني ناتج عن تكون مركب النحاس–البيوريت وحسب المعادلة الآتية :

$$2CO(NH_2)_2 \longrightarrow NH_3 + NH(CONH_2)_2 \text{ Biuret}$$

الاسمدة الفوسفاتية

للاسمدة الفوسفاتية سوف نتخذ سماد السوبر فوسفات مثالاً على اختبار الاسمدة الفوسفاتية (إذ يكون اختبار الفوسفات متشابهاً في كل الاسمدة الفوسفاتية).

يؤخذ جزء من مادة السماد الصلبة وتوضع في انبوبة ويضاف اليها قليل من الماء ثم ترج، وبعد ذلك ترشح وتجري الاختبارات الآتية على الجزء الذائب في الماء.

١- الفوسفات

أ- يؤخذ ٢ مل من الراشح الرائق ويضاف اليه قليل من حامض النتريك.

ب- يسخن ويضاف ٥ مل من محلول موليبدات الامونيوم فيكون النتيجة راسباً اصفر من فوسفو موليبدات الامونيوم.

٢- الكالسيوم: يضاف الى جزء من الراشح قليل من حامض الخليك ثم اوكزالات الامونيوم ثم يسخن المحلول فيتكون راسب ابيض من اوكزالات الكالسيوم.

٣- الكبريتات: يجرى نفس الاختبار للكبريتات كما ذكرت في سماد كبريتات الامونيوم.

الاسمدة البوتاسية

للاسمدة البوتاسية سوف نأخذ سماد كبريتات البوتاسيوم مثالاً على اختبار الاسمدة البوتاسية.

كبريتات البوتاسيوم

في اختبارات المادة الصلبة للسماد يجري الكشف عن البوتاسيوم في السماد وذلك بأخذ جزء من السماد واستعمال سلك البلاتين وزجاجة الكوبلت حيث يعطي لوناً احمر كلون الطين.

كذلك يجري اختبار للبوتاسيوم في المستخلص المائي وذلك بأن يضاف الى المستخلص المائي الخالي من الامونيوم (يسخن المحلول اذا وجد الامونيوم بهيدروكسيد الصوديوم للتخلص من الامونيوم لانها تكون نفس الراسب الاصفر مع المحلول المستخدم في الكشف عن البوتاسيوم) بضع نقاط من محلول الايثايل ثم قليل من محلول كوبلتي ازوتيت الصوديوم فيتكون راسب اصفر.

الجدول (٥٦) الرموز الكيمياوية ، والاعداد الذرية ، والاوزان الذرية للعناصر بحسب تسلسلها في الجدول الدوري

العنصر	الرمز	العدد الذري	الوزن الذري
١ ـ الهيدروجين	H	١	١,٠٠٨
٢ ـ الهيليوم	He	٢	٤,٠٠
٣ ـ الليثيوم	Li	٣	٦,٩٤
٤ ـ البريليوم	Be	٤	٩,٠١
٥ ـ البورون	B	٥	١٠,٨٠
٦ ـ الكربون	C	٦	١٢,٠١
٧ ـ النيتروجين	N	٧	١٤,٠١
٨ ـ الاوكسجين	O	٨	١٦,٠٠
٩ ـ الفلور	F	٩	١٩,٠٠
١٠ ـ النيون	Ne	١٠	٢٠,٢٠
١١ ـ الصوديوم	Na	١١	٢٣,٠٠
١٢ ـ المغنيسيوم	Mg	١٢	٢٤,٣٠
١٣ ـ الالمنيوم	Al	١٣	٢٦,٩٨
١٤ ـ السليكون	Si	١٤	٢٨,١٠
١٥ ـ الفسفور	P	١٥	٣١,٠٠
١٦ ـ الكبريت	S	١٦	٣٢,١٠
١٧ ـ الكلور	Cl	١٧	٣٥,٥٠
١٨ ـ الارجون	Ar	١٨	٣٩,٩٥
١٩ ـ البوتاسيوم	K	١٩	٣٩,١٠
٢٠ ـ الكالسيوم	Ca	٢٠	٤٠,١٠
٢١ ـ السكانديوم	Sc	٢١	٤٥,٠٠
٢٢ ـ التيتانيوم	Ti	٢٢	٤٧,٩٠
٢٣ ـ الفانيديوم	V	٢٣	٥٠,٩٠
٢٤ ـ الكروم	Cr	٢٤	٥٢,٠٠
٢٥ ـ المنغنيز	Mn	٢٥	٥٤,٩٠
٢٦ ـ الحديد	Fe	٢٦	٥٥,٨٠

تكملة جدول (٥٦)

العنصر	الرمز	العدد الذري	الوزن الذري
٢٧ ـ الكوبلت	Co	٢٧	٥٨,٩٠
٢٨ ـ النيكل	Ni	٢٨	٥٨,٧٠
٢٩ ـ النحاس	Cu	٢٩	٦٣,٥٠
٣٠ ـ الزنك (الخارصين)	Zn	٣٠	٦٥,٤٠
٣١ ـ الجاليوم	Ga	٣١	٦٩,٧٠
٣٢ ـ الجرمانيوم	Ge	٣٢	٧٢,٦٠
٣٣ ـ الزرنيخ	As	٣٣	٧٤,٩٢
٣٤ ـ السيلنيوم	Se	٣٤	٧٩,٠٠
٣٥ ـ البروم	Br	٣٥	٧٩,٩٠
٣٦ ـ الكريبتون	Kr	٣٦	٨٣,٨٠
٣٧ ـ الروبيديوم	Rb	٣٧	٨٥,٥٠
٣٨ ـ السترنشيوم	Sr	٣٨	٨٧,٦٠
٣٩ ـ اليتريوم	Y	٣٩	٨٨,٩٠
٤٠ ـ الزركونيوم	Zr	٤٠	٩١,٢٠
٤١ ـ النيوبيوم	Nb	٤١	٩٢,٩٠
٤٢ ـ الموليبدنيوم	Mo	٤٢	٩٥,٩٠
٤٣ ـ التكنيتيوم	Tc	٤٣	(٩٩,٠٠)
٤٤ ـ الروثينيوم	Ru	٤٤	١٠١,١٠
٤٥ ـ الروديوم	Rh	٤٥	١٠٢,٩٠
٤٦ ـ البلاديوم	Pd	٤٦	١٠٦,٤٠
٤٧ ـ الفضة	Ag	٤٧	١٠٧,٩٠
٤٨ ـ الكادميوم	Cd	٤٨	١١٢,٤٠
٤٩ ـ الانديوم	In	٤٩	١١٤,٨٠
٥٠ ـ القصدير	Sn	٥٠	١١٨,٧٠
٥١ ـ الأنتيمون	Sb	٥١	١٢١,٧٥
٥٢ ـ التيلوريوم	Te	٥٢	١٢٧,٦٠
٥٣ ـ اليود	I	٥٣	١٢٦,٩٠
٥٤ ـ الزينون	Xe	٥٤	١٣١,٣٠
٥٥ ـ السيزيوم	Cs	٥٥	١٣٢,٩٠
٥٦ ـ الباريوم	Ba	٥٦	١٣٧,٣٤

تكملة جدول (٥٦)

٥٧ ــ اللانثانوم	La	٥٧	١٣٨,٩٠
٥٨ ــ السيريوم	Ce	٥٨	١٤٠,١٠
٥٩ ــ البراسيوديميوم	Pr	٥٩	١٤٠,٩٠
٦٠ ــ النيوديميوم	Nd	٦٠	١٤٤,٢٠
٦١ ــ البروميثيوم	Pm	٦١	١٤٧
٦٢ ــ الساماريوم	Sm	٦٢	١٥٠,٤٠
٦٣ ــ اليوروبيوم	Eu	٦٣	١٥٢,٠٠
٦٤ ــ الجادولينيوم	Gd	٦٤	١٥٧,٣٠
٦٥ ــ التربيوم	Tb	٦٥	١٥٨,٩٠
٦٦ ــ الدسبروزيوم	Dy	٦٦	١٦٢,٥٠
٦٧ ــ الهولميوم	Ho	٦٧	١٦٤,٩٠
٦٨ ــ الاربيوم	Er	٦٨	١٦٧,٣٠
٦٩ ــ الثوليوم	Tm	٦٩	١٦٨,٩٠
٧٠ ــ اليتربيوم	Yb	٧٠	١٧٣,٠٠
٧١ ــ اللوتيتيوم	Lu	٧١	١٧٥,٠٠
٧٢ ــ الهفنيوم	Hf	٧٢	١٧٨,٥٠
٧٣ ــ التانتالم	Ta	٧٣	١٨٠,٩٠
٧٤ ــ التنجستن	W	٧٤	١٨٣,٩٠
٧٥ ــ الرنييوم	Re	٧٥	١٨٦,٢٠
٧٦ ــ الوزميوم	Os	٧٦	١٩٠,٢٠
٧٧ ــ الريديوم	Ir	٧٧	١٩٢,١٠
٧٨ ــ البلاتين	Pt	٧٨	١٩٥,٠٠
٧٩ ــ الذهب	Au	٧٩	١٩٧,٠٠
٨٠ ــ الزئبق	Hg	٨٠	٢٠٠,٦٠
٨١ ــ الثاليوم	Tl	٨١	٢٠٤,٤٠
٨٢ ــ [illegible]	Pb	٨٢	٢٠٧,٠٠
٨٣ ــ البزموث	Bi	٨٣	٢٠٩,٠٠
٨٤ ــ البولونيوم	Po	٨٤	(٢١٠,٠٠)
٨٥ ــ الستاتين	At	٨٥	(٢١٠,٠٠)
٨٦ ــ الرادون	Rn	٨٦	(٢٢٢,٠٠)
٨٧ ــ الفرانسيوم	Fr	٨٧	(٢٢٣,٠٠)
٨٨ ــ الراديوم	Ra	٨٨	(٢٢٦,٠٠)

تكملة جدول (٥٦)

٨٩ ـ الكتينيوم	Ac	٨٩	(٢٢٧,٠٠)
٩٠ ـ الثوريوم	Th	٩٠	٢٣٢,٠٠
٩١ ـ البروتكتينيوم	Pa	٩١	(٢٣١,٠٠)
٩٢ ـ اليورانيوم	U	٩٢	٢٣٨,٠٠
٩٣ ـ النبتونيوم	Np	٩٣	(٢٣٧,٠٠)
٩٤ ـ البلوتونيوم	Pu	٩٤	(٢٤٢,٠٠)
٩٥ ـ الامريكيوم	Am	٩٥	(٢٤٣,٠٠)
٩٦ ـ الكوريوم	Cm	٩٦	(٢٤٧,٠٠)
٩٧ ـ البركليوم	Bk	٩٧	(٢٤٩,٠٠)
٩٨ ـ الكالفورنيوم	Cf	٩٨	(٢٥١,٠٠)
٩٩ ـ الانيشانيوم	Es	٩٩	(٢٥٤,٠٠)
١٠٠ ـ الفرميوم	Fm	١٠٠	(٢٥٣,٠٠)
١٠١ ـ المندليفيوم	Md	١٠١	(٢٥٦,٠٠)
١٠٢ ـ النوبليوم	No	١٠٢	(٢٥٣,٠٠)
١٠٣ ـ الورنسيوم	Lw	١٠٣	(٢٥٧,٠٠)

الاوزان الذرية التي بين الاقواس توضح عدد كتلة النظير الاكثر استقرارا من العناصر المشعة ، اي النظائر الاطول عمرا للعناصر النشطة الاشعاع .

الجدول (٥٧) يبين نسبة النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم في الفضلات العضوية .

المادة العضوية	N %	P_2O_5 %	K_2O %
Dried blood	١٢ ـ ١٥	٣,٠	١,٠
Blood meal	١٥	١,٣	٠,٧
Fish Scrap, acidulated	٧ ـ ١٠	١ ـ ٢	ـ
Fish scrap, dried	٩	٣,٠	ـ
Cotton seed meal	٦ ـ ٧	٢,٥	١,٥
Castor pomace	٥,٥	١,٥	١,٢

تكملة جدول (٥٧)

١,٠	١,٠	٦,٠	Linseed meal
٠,٢	٢١,٠	٤,٠	Bone meal
—	٣٠,٠	٩,٠	Steamed bone meal
—	٨,٠	٢,٥	Dissolved bones
١,٥	١,٩	١,٧	Poultry manure (dried)
٠,٣٥	٠,١٧	٠,٢٩	Cattle manure
٠,٣٥	٠,١٧	٠,٤٤	Horse manure
٠,١٣	٠,٤١	٠,٦٠	Swine manure
٠,١٥	٠,٣١	٠,٥٥	Sheep manure
٥,٠	٠,٧٥	٠,٦٨	Seaweed (dried)
—	٨,٠	٧,٠	Tankage

الجدول (٥٨) عدد من التحويلات الكيمياوية المهمة في تحليلات التربة ، النبات والاسمدة الكيمياوية .

P	= ٠,٢٠ ×	$Ca_3(PO_4)_2$	NH_3	= ١,٢٢ ×	N
K	= ٠,٥٢ ×	KCl	P_2O_5	= ٢,٢٩ ×	P
K	= ٠,٤٥ ×	K_2SO_4	P	= ٠,٤٤ ×	P_2O_5
Ca	= ٠,٤٠ ×	$CaCO_3$	K_2O	= ١,٢٠ ×	K
Ca	= ٠,٢٩ ×	$CaSO_4$	K	= ٠,٨٣ ×	K_2O
Mg	= ٠,٢٨ ×	$MgCO_3$	CaO	= ١,٤٠ ×	Ca
Mg	= ٠,٢٠ ×	$MgSO_4$	Ca	= ٠,٧١ ×	CaO
S	= ٠,٣٣ ×	H_2SO_4	MgO	= ١,٦٧ ×	Mg
S	= ٠,٢٤ ×	$CaSO_4$	Mg	= ٠,٦٠ ×	MgO
$Mg(OH)_2$	= ٢,٤٢ ×	Mg	SO_4	= ٣,٠٠ ×	S
$CaCO_3$	= ٢,٥٠ ×	Ca	S	= ٠,٣٣ ×	SO_4
$Ca(OH)_2$	= ١,٨٥ ×	Ca	N	= ٠,٢٢ ×	HNO_3
$MgCO_3$	= ٣,٥٠ ×	Mg	P	= ٠,٣٢ ×	H_3PO_4

الجدول (٥٩) تكافؤ (Ionic Valences) الايونات الموجبة

+ ١ احادية التكافؤ		+ ٢ ثنائية التكافؤ		+ ٣ ثلاثية التكافؤ		+ ٤ رباعية التكافؤ	
الهيدروجين	H^{+}	النحاس (النحاسيك)	Cu^{++}	الكوبلت (الكوبلتيك)	CO^{+++}	القصدير (القصديريك)	Sn^{++++}
الامونيوم	NH_4^{+}	الزئبق (الزئبقيك)	Hg^{++}	النيكل (النيكليك)	Ni^{+++}		
الليثيوم	Li^{+}	الكروم (الكروموز)	Cr^{++}	المنغنيز (المنغنيزيك)	Mn^{+++}		
البوتاسيوم	K^{+}	الباريوم	Ba^{++}	الحديد (الحديديك)	Fe^{+++}		
الفضة	Ag^{+}	الكادميوم	Cd^{++}	الالمنيوم	Al^{+++}		
الصوديوم	Na^{+}	الكالسيوم	Ca^{++}	البزموث	Bi^{+++}		
النحاس (النحاسوز)	Cu^{+}	الرصاص	Pb^{++}	الكروم (الكروميك)	Cr^{+++}		
الزئبق (الزئبقوز)	Hg^{+}	المغنيسيوم	Mg^{++}	السكانديوم	Sc^{+++}		
		السترونتيوم	Sr^{++}				
		القصدير (القصديروز)	Sn^{++}				
		الزنك	Zn^{++}				
		الكوبلت (الكوبلتوز)	CO^{++}				
		النيكل (النيكلتوز)	Ni^{++}				
		المنغنيز (المنغنيزوز)	Mn^{++}				
		الحديد (الحديدوز)	Fe^{++}				

الجدول (٦٠) تكافؤ (Ionic Valences) الايونات السالبة

١ ـ احادية التكافؤ		٢ ـ ثنائية التكافؤ		٣ ـ ثلاثية التكافؤ		٤ ـ رباعية التكافؤ	
الهيدروكسيد	OH^-	الكاربونات	CO_3^{--}	البورات	BO_3^{---}	سيانيد الحديدوز	$Fe(CN)_6^{----}$
الخلات	CH_3COO^-	الكروميت	CrO_4^{--}	الارثوفوسفيت	PO_4^{---}		
أو	$CH_2H_3O_2^-$	الباكروميت	$Cr_2O_7^{--}$	سيانيد الحديديك	$Fe(CN)_6^{---}$		
الفلوريد	F^-	الاوكزالات	$C_2O_4^{--}$				
الكلوريد	Cl^-	الكبريتات	SO_4^{--}				
البروم	B^-	الفوسفات احادية الهيدروجين	HPO_4^{--}				
اليود	I^-	الاوكسيد	O^{--}				
هايبوكلورات	ClO^-	البيروكسيد	O_2^{--}				
الكلورات	ClO_2^-	الكبريتيد	S^{--}				
الكلوريت	ClO_3^-	الكبريتيت	SO_3^{--}				
البيركلوريت	ClO_4^-						
النترات	NO_3^-						
النتريت	NO_2^-						
البيكاربونات	HCO_3^-						
الكبريتات الهيدروجينية	HSO_4^-						
ميتافوسفيت	PO_3^-						

الجدول (٦١) درجة التفاعل التقريبية التي عندها تترسب الهيدروكسيدات والاوكسيدات لعدد من العناصر .

المركبات	درجة التفاعل (pH)
$Sn(OH)_4$, $Si(OH)_4$	اقل من ١
$Sb(OH)_3$, $Bi(OH)_3$	٢ ـ ٣
$Fe(OH)_3$, Hg_2O, HgO, $Sn(OH)_2$	٣ ـ ٤
$Cr(OH)_3$, $Al(OH)_3$	٥ ـ ٦
$Pb(OH)_2$, $Cu(OH)_2$, $Fe(OH)_2$	٦ ـ ٧
$CO(OH)_2$, $Ni(OH)_2$, $Zn(OH)_2$, $Cd(OH)_2$	٧ ـ ٨
Ag_2O, $Mn(OH)_2$	٨ ـ ٩
$Mg(OH)_2$	١١
$Ba(OH)_2$, $Sr(OH)_2$, $Ca(OH)_2$	اكثر من ١١

الجدول (٦٢) يوضح تغير اللون ومدى درجة التفاعل (pH) لتغير اللون لعدد من الصبغ المهمة .

الصبغة	مدى درجة التفاعل لتغير اللون	تغير اللون الى	المذيب
Methyl violet	٠,٢ ـ ٣	اصفر ، ازرق ، بنفسجي	الماء
Thymol blue	١,٢ ـ ٢,٨	الاحمر الى الاصفر	الماء+ هيدروكسيد الصوديوم
Orange IV	١,٢ ـ ٣,٠	الاحمر الى الاصفر	الماء
Benzopurpurin 4B	١,٢ ـ ٤,٠	البنفسجي الى الاحمر	٢٠ ٪ الكحول
Methyl orange	٣,١ ـ ٤,٤	الاحمر الى البرتقالي الى الاصفر	الماء
Bromphenol blue	٣,٠ ـ ٤,٦	الاصفر الى البنفسجي المزرق	الماء+ هيدروكسيد الصوديوم
Congo red	٣,٠ ـ ٥,٠	الازرق الى الاحمر	٧٠ ٪ الكحول
Bromcresol green	٣,٨ ـ ٥,٤	الاصفرار الى الازرق	الماء+ هيدروكسيد الصوديوم
Methyl red	٤,٤ ـ ٦,٢	الاحمر الى الاصفر	الماء+ هيدروكسيد الصوديوم
Chlorphenol red	٤,٨ ـ ٦,٨	الاصفر الى الاحمر	الماء+ هيدروكسيد الصوديوم
Bromcresol purple	٥,٢ ـ ٦,٨	الاصفر الى الارجواني	الماء+ هيدروكسيد الصوديوم
Litmus	٤,٥ ـ ٨,٣	الاحمر الى الازرق	الماء
Bromthymol blue	٦,٠ ـ ٧,٦	الاصفر الى الازرق	الماء+ هيدروكسيد الصوديوم
Phenol red	٦,٨ ـ ٨,٢	الاصفر الى الاحمر	الماء+ هيدروكسيد الصوديوم
Thymol blue	٨,٠ ـ ٩,٦	الاصفر الى الازرق	الماء+ هيدروكسيد الصوديوم
Phenolphthalein	٨,٣ ـ ١٠,٠	عديم اللون الى الاحمر	٧٠ ٪ الكحول
Thymolphthalein	٩,٣ ـ ١٠,٥	الاصفر الى الازرق	٧٠ ٪ الكحول
Alizarin yellow R	١٠,٠ ـ ١٢,٠	الاصفر الى الاحمر	٢٠ ٪ الكحول
Indigo carmine	١١,٤ ـ ١٣,٠	الازرق الى الاصفر	٥٠ ٪ الكحول
Trinitrobenzene	١٢,٠ ـ ١٤,٠	عديم اللون الى البرتقالي	٧٠ ٪ الكحول

الجدول (٦٣) يوضح بصورة عامة قابلية ذوبان الاملاح والقواعد المعروفة

NO_3^- كل النترات قابلة للذوبان

$C_2H_3O_2^-$ كل الخلات قابلة للذوبان (فقط $AgC_2H_3O_2$ ذات درجة ذوبان متوسطة)

Cl^- كل الكلوريدات قابلة للذوبان عدا $AgCl$ ، Hg_2Cl_2 و $PbCl_2$ ($PbCl_2$ قليلة الذوبان في الماء البارد ، ومتوسطة الذوبان في الماء الحار)

SO_4^{--} كل الكبريتات قابلة للذوبان عدا $BaSO_4$ و $PbSO_4$ ($CaSO_4$ ، Hg_2SO_4 و Ag_2SO_4 فهي قليلة الذوبان)

CO_3^{--} , PO_4^{---} كل الكاربونات والفوسفات غير قابلة للذوبان عدا كاربونات وفوسفات الصوديوم ، والبوتاسيوم والامونيوم (عديد من حوامض الفوسفات قابلة للذوبان مثل $Mg(H_2PO_4)_2$ و $Ca(H_2PO_4)_2$

OH^- كل الهيدروكسيدات غير قابلة للذوبان عدا $NH_4OH, KOH, NaOH$ و $Ba(OH)_2$, ($Ca(OH)_2$ فانها قليلة الذوبان)

S^{--} كل الكبريتيدات غير قابلة للذوبان ماعدا كبريتيدات الصوديوم والبوتاسيوم والكبريتيدات القاعدية للكالسيوم والمغنيسيوم

Na^+, K^+, NH_4^+ كل املاح الصوديوم والبوتاسيوم والامونيوم قابلة للذوبان ماعدا عدد من الاملاح غير المعروفة مثل $K_2NaCO(NO_2)_6$, $Na_4Sb_2O_7$ K_2PtCl_6, $(NH_4)_2PtCl_6$, $(NH_4)_2PtCl_6$, $(NH_4)_2NaCO(NO_2)_6$

Ag^+ كل املاح الفضة غير قابلة للذوبان ماعدا $AgNO_3$ و $AgClO_4$ ($AgC_2H_3O_2$ و Ag_2SO_4 فهي متوسطة الذوبان) .

الجدول (٦٤) يبين تدرج الحوامض والقواعد حسب درجة قوتها

الحوامض القوية ← نقصان قوة الحامض ← الحوامض الضعيفة

ازدياد قوة القاعدة ↓

الحامض		القاعدة
حامض البيروكلوريك	$HClO_4$	ClO_4^-
حامض الهيدروكلوريك	HCl	Cl^-
حامض النتريك	HNO_3	NO_3^-
حامض الكبريتيك	H_2SO_4	HSO_4^-
حامض الاوكزاليك	$H_2C_2O_4$	$HC_2O_4^-$
ايون كبريتات الهيدروجين	HSO_4^-	SO_4^{--}
حامض الكبريتوز	H_2SO_3	HSO_3^-
حامض الفسفوريك	H_3PO_4	$H_2PO_4^-$
حامض الهيدروفلوريك	HF	F^-
حامض النتري	HNO_2	NO_2^-
ايون اوكزالات الهيدروجين	$HC_2O_4^-$	$C_2O_4^{--}$
حامض الخليك	$HC_2H_3O_2$	$C_2H_3O_2^-$
ايون الالمنيوم	$Al(H_2O)_6^{+++}$	$Al(H_2O)_5OH^{+}$
حامض الكربونيك	H_2CO_3	HCO_3^-
كبريتيد الهيدروجين	H_2S	HS^-
أيون فوسفات الهيدروجين الثنائي	$H_2PO_4^-$	HPO_4^{--}
حامض البوريك	H_3BO_3	$H_2BO_3^-$
ايون الامونيوم	NH_4	$NH_4OH(NH_3 + H_2O)$
حامض الهايدروسيانوجيني	HCN	CN^-
ايون الزنك	$Zn(H_2O)_4^{++}$	$Zn(H_2O)_3OH^{+}$
ايون كاربونات الهيدروجين	HCO_3^-	CO_3^{--}
بيروكسيد الهيدروجين	H_2O_2	HO_2^-
ايون فوسفات الهيدروجين الاحادي	HPO_4^{--}	PO_4^{---}
ايون كبريتيد الهيدروجين	HS^-	S^{--}
الماء	H_2O	OH^-
ايون الهيدروكسيل	OH^-	O^{--}
الامونيا	NH_3	NH_2^-

الجدول (٦٥) يبين الحوامض المركزة ، وعياريتها ، ووزنها النوعي والحجم اللازم لتحضير محلول ٥ عياري

الحامض Acid		العيارية التقريبية Approximate normality	الوزن النوعي Specific gravity	الحجم اللازم من المحلول المركز لتحضير محلول ٥ عياري
حامض الخليك	(CH_3COOH) Acetic acid	١٧	١,٠٥	٢٨,٥ مل يكمل الى لتر واحد بالماء
حامض الهيدروكلوريك	(HCl) Hydrochloric acid	١٢	١,١٩	٤٤٥ مل يكمل الى لتر واحد بالماء
حامض النتريك	(HNO_3) Nitric acid	١٦	١,٤٢	٣١٠ مل يكمل الى لتر واحد بالماء
حامض الكبريتيك	(H_2SO_4) Sulphuric acid	٣٦	١,٨٤	١٤٠ مل يكمل الى لتر واحد بالماء
حامض البركلوريك	($HClO_4$) perchloric acid	٩	١,٥٤	٤٣٠ مل يكمل الى لتر واحد بالماء
حامض الفسفوريك	(H_3PO_4) Phosphoric acid	٤٥	١,٦٩	١١٥ مل يكمل الى لتر واحد بالماء
حامض الهيدروفلوريك	(HF) Hydrofluoric acid	٢٧	١,١٥	١٩٠ مل يكمل الى لتر واحد بالماء

جدول (٦٦) التحويلات الى النظام المتري

عندما تعرف	تضرب	للحصول على
	الاطوال	
الانجات	٢,٥٤	السنتمترات
الاقدام	٣٠,٠٠	السنتمترات
الياردات	٠,٩٠	الامتار
الاميال	١,٦٠	الكيلومترات
	المساحة	
الانج المربع	٦,٥٠	السنتميتر المربع
القدم المربع	٠,٠٩	المتر المربع
اليارد المربع	٠,٨٠	المتر المربع
الميل المربع	٢,٦٠	الكيلومتر المربع
الايكر	٠,٤٠	الهكتار
	الكتلة (الوزن)	
الاونس	٢٨,٠٠	الغرام
الباوند	٠,٤٥	الكيلوغرام
الطن القصير (٢٠٠٠ باوند)	٠,٩٠	الطن المتري
	الحجم	
ملعقة شاي	٥,٠٠	مللتر
ملعقة طعام	١٥,٠٠	مللتر
اونس السوائل	٣٠,٠٠	مللتر
الكوب	٠,٢٤	لتر
الباينت	٠,٤٧	لتر
الكوارت	٠,٩٥	لتر
الغالون	٣,٨٠	لتر
القدم المكعب	٠,٠٣	المتر المكعب
اليارد المكعب	٠,٧٦	المتر المكعب
	الحرارة	
الفهرنهايت	٠,٥٥٥ (فهرنهايت ـ ٣٢)	المئوية
الفهرنهايت	$\frac{٥}{٩}$ بعد طرح ٣٢	المئوية

تكملة جدول (٦٦)

عندما تعرف	تضرب	للحصول على
	الحاصل او المعدل	
اونس / ايكر	٠,٠٧	كغم / هكتار
بوشل / ايكر	٦٧,٢	كغم / هكتار
طن / ايكر	٢٢٤٠	كغم / هكتار
طن / ايكر	٢,٢٤	الطن المتري / هكتار
باوند / ايكر	١,١٢	كغم / هكتار
باوند / قدم مكعب	١٦,٢٣	كغم / متر مكعب
باوند / غالون	٠,١٢	كغم / لتر
باوند / طن	٠,٥	كغم / الطن المتري
غالون / ايكر	٩,٤٢	لتر / هكتار
غالون / طن	٤,١٦	لتر / الطن المتري

الجدول (٦٧) التحويلات من النظام المتري

عندما تعرف	تضرب	الحصول على
	الاطوال	
مللتر	٠,٠٤	الانج
سنتميتر	٠,٤٠	الانج
المتر	٣,٣٠	القدم
المتر	١,١٠	اليارد
الكيلومتر	٠,٦٠	الميل
	المساحة	
السنتميتر المربع	٠,١٦	الانج المربع
المتر المربع	١,٢٠	اليارد المربع
الكيلومتر المربع	٠,٤٠	الميل المربع
الهكتار (١٠٠٠٠ م^{2})	٢,٥٠	الايكر
	الكتلة (الوزن)	
الغرام	٠,٠٣٥	الاونس
الكيلوغرام	٢,٢٠٠	الباوند
الطن المتري (١٠٠٠ كغم)	١,١٠٠	الطن القصير

تكملة جدول (٦٧)

عندما تعرف	تضرب	للحصول على
	الحجم	
مللتر	٠,٠٣	اونس السوائل
اللتر	٢,١٠	البا ينت
اللتر	١,٠٦	الكوارت
اللتر	٠,٢٦	الغالون
المتر المكعب	٣٥,٠٠	القدم المكعب
المتر المكعب	١,٣٠	اليارد المكعب
	الحرارة	
الدرجة المئوية	$\frac{٩}{٥}$ وبعد ذلك أضف ٣٢	الفهرنهايت

الجدول (٦٨) التحويلات الحرارية من الدرجة المئوية الى الفهرنهايت

لتحويل الحرارة من الدرجة المئوية الى درجة الفهرنهايت

أضرب الدرجة المئوية بـ $\frac{٩}{٥}$ وأضف ٣٢

مثال : ٣٠° م = ٣٠ × $\frac{٩}{٥}$ + ٣٢ = ٨٦ فهرنهايت

الدرجة المئوية	الفهرنهايت	الدرجة المئوية	الفهرنهايت
صفر	٣٢,٠	١٨	٦٤,٤
٢	٣٥,٦	٢٠	٦٨,٠
٤	٣٩,٢	٢٢	٧١,٦
٦	٤٢,٨	٢٤	٧٥,٢
٨	٤٦,٤	٢٦	٧٨,٨
١٠	٥٠,٠	٢٨	٨٢,٤
١٢	٥٣,٦	٣٠	٨٦,٠
١٤	٥٧,٢	٣٢	٨٩,٦
١٦	٦٠,٨	٣٤	٩٣,٢

تكملة جدول (٦٨)

٣٦	٩٦,٨
٣٨	١٠٠,٤
٤٠	١٠٤,٠
٤٢	١٠٧,٦
٤٤	١١١,٢
٤٦	١١٤,٨
٤٨	١١٨,٤
٥٠	١٢٢,٠
٥٢	١٢٥,٦
٥٤	١٢٩,٢
٥٦	١٣٢,٨
٥٨	١٣٦,٤
٦٠	١٤٠,٠
٦٢	١٤٣,٦
٦٤	١٤٧,٢
٦٦	١٥٠,٨
٦٨	١٥٤,٤
٧٠	١٥٨,٠
٧٢	١٦١,٦
٧٤	١٦٥,٢
٧٦	١٦٨,٨
٧٨	١٧٢,٤
٨٠	١٧٦,٠
٨٢	١٧٩,٦
٨٤	١٨٣,٢
٨٦	١٨٦,٨
٨٨	١٩٠,٤
٩٠	١٩٤,٠
٩٢	١٩٧,٦
٩٤	٢٠١,٢
٩٦	٢٠٤,٨
٩٨	٢٠٨,٤
١٠٠	٢١٢,٠

الجدول (٦٩) التحويلات الحرارية من الفهرنهايت الى الدرجة المئوية

لتحويل الحرارة من الفهرنهايت الى الدرجة المئوية
اطرح ٣٢ من الفهرنهايت وبعد ذلك اضرب بـ $\frac{5}{9}$
مثال : ٨٦ فهرنهايت = (٨٦ ـ ٣٢) × $\frac{5}{9}$ = ٥٠ ْ

الفهرنهايت	درجة مئوية	الفهرنهايت	درجة مئوية
صفر	١٧,٨ـ	١٢٥	٥١,٧
٥	١٥,٠ـ	١٣٠	٥٤,٤
١٠	١٢,٢ـ	١٣٥	٥٧,٣
١٥	٩,٤ـ	١٤٠	٦٠,٠
٢٠	٦,٧ـ	١٤٥	٦٢,٨
٢٥	٣,٩ـ	١٥٠	٦٥,٦
٣٠	١,١ـ	١٥٥	٦٨,٣
٣٥	١,٧	١٦٠	٧١,١
٤٠	٤,٤	١٦٥	٧٣,٩
٤٥	٧,٢	١٧٠	٧٦,٧
٥٠	١٠,٠	١٧٥	٧٩,٤
٥٥	١٢,٨	١٨٠	٨٢,٢
٦٠	١٥,٦	١٨٥	٨٥,٠
٦٥	١٨,٣	١٩٠	٨٧,٨
٧٠	٢١,١	١٩٥	٩٠,٦
٧٥	٢٣,٩	٢٠٠	٩٣,٣
٨٠	٢٦,٧	٢٠٥	٩٦,١
٨٥	٢٩,٤	٢١٠	٩٨,٩
٩٠	٣٢,٢	٢١٢	١٠٠,٠
٩٥	٣٥,٠		
١٠٠	٣٧,٨		
١٠٥	٤٠,٦		
١١٠	٤٣,٣		
١١٥	٤٦,١		
١٢٠	٤٨,٩		

الجدول (٧٠) تحويلات وحدة الطول

لتحويل	الى	اضرب بـ
السنتمتر	انج	٠,٣٩٣٧
السنتمتر	متر	٠,٠١
السنتمتر	ملمتر	١٠,٠
القدم	السنتمتر	٣٠,٤٨
القدم	الانج	١٢,٠
القدم	اليارد	٠,٣٣٣
قدم / دقيقة	قدم / ثانية	٠,٠١٦٧
قدم / دقيقة	ميل / ساعة	٠,٠٠١٤
القدم	متر	٠,٣٠٤٨
انج	سنتمتر	٢,٥٤
انج	القدم	٠,٠٨٣٣
انج	اليارد	٠,٠٢٧٨
الكيلومتر	القدم	٣٢٨١,٠٠
الكيلومتر	متر	١٠٠٠,٠٠
الكيلومتر	ميل	٠,٦٢١٤
الكيلومتر	اليارد	١٠٩٤,٠٠
المتر	سنتمتر	١٠٠,٠٠
المتر	القدم	٣,٢٨١
المتر	الانج	٣٩,٣٧٠
المتر	الكيلومتر	٠,٠٠١
المتر	اليارد	١,٠٩٤
الميل	قدم	٥٢٨٠,٠٠
الميل	الرود	٣٢٠,٠٠
الميل	اليارد	١٧٦٠,٠٠
الميل	كيلومتر	١,٦٠٩
ميل / ساعة	قدم / دقيقة	٨٨,٠
ميل / ساعة	قدم / ثانية	١,٤٦٧
ميل / دقيقة	قدم / ثانية	٨٨,٠٠
ميل / دقيقة	ميل / ساعة	٦٠,٠٠
الرود	قدم	١٦,٥٠
اليارد	قدم	٣,٠٠

تكملة جدول (٧٠)

اليارد	انج	٣٦,٠٠
اليارد	متر	٠,٩١٤٤
اليارد	ميل	٠,٠٠٠٥٧

الجدول (٧١) تحويلات وحدة الكتلة (الوزن)

لتحويل	الى	أضرب بـ
القمحة	غرام	٠,٠٦٤٨
غرام	القمحة	١٥,٤٣٢
غرام	كيلوغرام	٠,٠٠١
غرام	اونس	٠,٠٣٥٣
غرام / لتر	جزء بالمليون	١٠٠٠
كيلو غرام	غرام	١٠٠٠
كيلوغرام	باوند	٢,٢٠٥
الاونس	القمحة	٤٣٧,٥٠
الاونس	غرام	٢٨,٣٥
الاونس	باوند	٠,٠٦٢٥
اونس السوائل	انج مكعب	١,٨٠٥
اونس السوائل	غالون	٠,٠٠٧٨
اونس السوائل	مللتر	٢٩,٥٧٣
اونس السوائل	البا ينت	٠,٠٦٢٥
اونس السوائل	الكورات	٠,٠٣١٣
جزء بالمليون	القمحة / غالون اميركي	٠,٠٥٨٤
جزء بالمليون	غرام / لتر	٠,٠٠١
جزء بالمليون	باوند / مليون غالون	٨,٣٤٥
الباوند	القمحة	٧٠٠٠
الباوند	غرام	٤٥٣,٥٩
الباوند	اونس	١٦,٠٠
الباوند	طن	٠,٠٠٠٥
باوند من الماء	غالون	٠,١١٩٨
الطن	كيلوغرام	٩٠٧,١٨٥
الطن	اونس	٣٢٠٠٠
الطن	باوند	٢٠٠٠

الجدول (٧٢) تحويلات وحدة الحجم

لتحويل	الى	اضرب بـ
اونس السوائل	الباينت	٠,٠٦
أونس السوائل	الكوارت	٠,٠٣
اونس السوائل	الفالون	٠,٠٠٧٨
اونس السوائل	المللتر	٢٩,٦٠
اونس السوائل	اللتر	٠,٠٢٩٥
الباينت	اونس السوائل	١٦
الباينت	الكوارت	٠,٥
الباينت	الفالون	٠,١٢٥
الباينت	المللتر	٤٧٣,١٧
الباينت	اللتر	٠,٤٧٣١
الكوارت	اونس السوائل	٣٢
الكوارت	الباينت	٢
الكوارت	الفالون	٠,٢٥
الكوارت	المللتر	٩٤٦,٣٣
الكوارت	اللتر	٠,٩٤٦
الفالون	اونس السوائل	١٢٨
الفالون	الباينت	٨
الفالون	الكوارت	٤
الفالون	المللتر	٣٧٨٥,٣٣
الفالون	اللتر	٣,٧٨٤
المللتر	اونس السوائل	٠,٠٣٣٨
المللتر	الباينت	٠,٠٠٢١
المللتر	الكوارت	٠,٠٠١٠
المللتر	الفالون	٠,٠٠٠٣
المللتر	اللتر	٠,٠٠١٠
اللتر	اونس السوائل	٣٣,٨١٤
اللتر	الباينت	٢,١١٣
اللتر	الكوارت	١,٠٥٦
اللتر	الفالون	٠,٢٦٤
اللتر	المللتر	١٠٠٠

دليل المصطلحات

A

Aolian	الرواسب المنقولة بالرياح
Alluvial	الرواسب المنقولة بالمياه
Amorphous	غير متجانس وغير متبلور
Absorbed water	الماء المدمص
Aerobic	هوائي
Anaerobic	غير هوائي
Adhesion	التصاق
Adsorption	الادمصاص
Absorption	الامتصاص
Available	جاهز
Aminization	تكوين الاحماض الامينية
Ammonification	تكوين الامونيا
Ammonium Fixation	تثبيت الامونيوم
Azonal Soils	الاتربة غير النطاقية
Alkali Soil	التربة القاعدية
Acid Soil	التربة الحامضية
Autotrophic	ذاتي التغذية
Actual acidity	درجة الحموضة الفعلية
Active absorption	الامتصاص الحيوي
Anion exchange capacity	السعة التبادلية الانيونية
Anion exchange	التبادل الانيوني

B

Broadcast	عملية اضافة الاسمدة الكيمياوية نثرا
Bog Soils	الترب العضوية غير المتحللة
Brown Soils	الترب البنية
Bulk density	الكثافة الظاهرية
Base saturation	التشبع بالقواعد

Base saturation percentage	نسبة التشبع بالقواعد
Black alkali soils	الترب القلوية السوداء
Bone meal	مسحوق العظام
Burned lime	الجير المحروق
Buffering capacity	السعة التنظيمية

C

Crystal structure	البناء البلوري
Clay minerals	معادن الطين
Capillary water	الماء الشعري
Cation exchange	التبادل الكاتيوني
Chelating compound	المركبات المغلفة او المقيدة
Cohesion	التماسك
Colloids	الغرويات
Calcic	كلسي
Cation exchange capacity	السعة التبادلية الكاتيونية
Crop residue	بقايا مخلفات النبات
Crop rotation	الدورة الزراعية
Calcareous Soil	التربة الكلسية
Coated urea	اليوريا المغلفة
Coarse texture	النسجة الخشنة للتربة
Critical level	الحد أو المستوى الحرج
Contact exchange	التبادل بالاتصال المباشر
Chestnut Soils	الترب الكستنائية

D

Dry land farming	زراعة الاراضي الجافة
Denitrification	عملية فقدان النيتروجين على شكل غازات
Diffusion	الانتشار

Dissolution	الاذابة
Deficiency symptoms	اعراض نقص العناصر الغذائية

E

Elasticity	الليونة
Expanding lattice	الصفائح القابلة للتمدد
Ehydration	التجفيف
Essential element	العنصر الغذائي الضروري
Evaporation	التبخر
Electrical conductivity	درجة التوصيل الكهربائي
Exchange sites	مواقع التبادل
Exchange	التبادل

F

Facilitated diffusion	الانتشار الميسر
Fixed potassium	البوتاسيوم المثبت
Fixed ammonium	الامونيوم المثبت
Fallow	بور الاراضي
Fertility sources	مصادر الخصوبة
Field capacity	السعة الحقلية
Fertilizers	الاسمدة
Fluid mixed fertilizers	الاسمدة السائلة المخلوطة
Folair application	اضافة العناصر الغذائية بطريقة الرش
Fine texture soil	التربة ذات النسجة الناعمة
Flocculation	تجمع حبيبات وغرويات التربة

G

Gravitational water	ماء الجذب الارضي
Green manures	الاسمدة الخضراء
Granulation	التحبيب
Grain yield	حاصل الحبوب
Glacial	الرواسب المنقولة بالثلوج

H

Hydrogen bond	الرا بطة الهيدروجينية
Hydration of ions	تميؤ الا يونات
Hydration	التميؤ
Hydrolysis	الانحلال المائي
Hydromorphic soils	الترب الغدقة
Humus	الد بال
Humus soils	الترب الد بالية
Halomorphic soils	الترب الملحية

I

Inorganic minerals	المعادن أو العناصر غير العضوية
Inorganic soils	الترب غير العضوية
Isomorphous substitution	الاحلال المتماثل
Ion exchange	التبادل الا يوني
Ion exchange capacity	السعة التبادلية الا يونية
Igneous rocks	الصخور النارية
Interlayer water	الماء البيني
Incubation	عملية التحضين
Ionic balance	التوازن الا يوني
Inorganic fertilizers	الاسمدة غير العضوية

L

Luxury uptake	الامتصاص المفرط
Loess	مواد مشابهة للطين أو السلت وتتكون من مواد سلتية ذات لون رمادي وتحتوي على عناصر غذائية بمعدلات جيدة والتربة التي تتكون منها تربة خصبة
Lime stone	الحجر الجيري
Leaching	عملية الغسل
Lithosols	الترب الصخرية
Latosols	الترب القرميدية
Liquid fertilizers	الاسمدة السائلة

M

mineralization	عملية التعدين
milliequivalent	مليمكافىء
mechanical analysis	التحليل الميكانيكي للتربة
mulching system	نظام التغطية
mottling	التبقع
macronutrient	العناصر الغذائية الكبرى
micronutrient	العناصر الغذائية الصغرى
mass flow	الجريان الكتلي
mineral soils	الترب المعدنية
muck soils	الترب العضوية المتحللة
marl or chalk	الطباشير
mineral fertilizers	الاسمدة المعدنية

N

Nutrient deficiency	نقص العناصر الغذائية
Nitrification inhibitors	مثبطات عملية التأزت
Nutrient concentration	تركيز العناصر الغذائية

Nutrient antagonism	عملية التضاد بين العناصر الغذائية
Non saline – alkali soils	الترب القلوية غير الملحية
Nitrogen cycle	دورة النتروجين
Nitrogen fixation	تثبيت النيتروجين
Nutrition	التغذية
Neutral soil	التربة المتعادلة من حيث الحموضة والقاعدية
Nitrification	عملية التأزت

O

Organic matter	المادة العضوية
Organic minerals	المعادن العضوية
Organic fertilizers	الاسمدة العضوية
Organic Soils	الترب العضوية
Oxidation	عملية الاكسدة

V

Volatilization	التطاير

P

Parent material	مادة الاصل
Pore space	مسامات التربة
Puddled conditions	ظروف التعجن
Primary elements	العناصر الاولية
Percolation	الرشح
Plowing	الحراثة

Particle Size	حجم حبيبات التربة
Particle Shape	شكل حبيبات التربة
Potassium fixation	تثبيت البوتاسيوم
Podzolic soils	ترب البودزول
Peat soils	الترب العضوية غير المتحللة
Plant tissue	النسيج النباتي
Plant analyses	تحليل النبات
Permanent wilting point	نقطة الذبول الدائم
Passive absorption	الامتصاص غير الحيوي
Plant nutrition	علم تغذية النبات
Pedogenesis	علم تكون التربة
Plant physiology	علم فسلجة النبات

R

Relative humidity	الرطوبة النسبية
Reduction	الاختزال
Regosols	الترب الرملية الجافة
Root interception	اعتراض وتعمق الجذور

S

Soil horizons	افاق التربة
Soil organizms	احياء التربة
Soil microorganizms	احياء التربة الدقيقة
Soils of arid regions	اتربة المناطق الجافة
Soils of humid regions	ترب المناطق الرطبة
Soil physical properties	الصفات الفيزياوية للتربة
Soil chemical properties	الصفات الكيمياوية للتربة
Soil aeration	تهوية التربة
Soil Colloids	غرويات التربة

Soil erosion	تعرية التربة
Soil particles	حبيبات التربة
Soil acidity	حموضة التربة
Soil management	ادارة التربة
Soil moisture	رطوبة التربة
Soil salinity	ملوحة التربة
Soil temperature	حرارة التربة
Secondary elements	العناصر الثانوية
Slaked lime	الجير المطفأ
Solubility	الذوبان
Saturated soil	التربة المشبعة
Sodium absorption ratio	نسبة ادمصاص الصوديوم
Saline alkali soils	الترب القلوية الملحية
Sierozems	الترب القلوية
Soil solid phase	طور التربة الصلب
Soil liquid phase	طور التربة السائل
Soil Gaseous phase	طور التربة الغازي
Soil air	هواء التربة
Soil structure	بناء التربة
Soil texture	نسجة التربة
Soil organic matter	مادة التربة العضوية
Soil fertility	خصوبة التربة
Soil constituents	مكونات التربة
Soil water holding capacity	قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء
Soil sampling	اخذ عينات التربة للتحليل
Soil testing	تحليل التربة
Soil solution	محلول التربة
Soil reclamation	استصلاح التربة
Soil conservation	صيانة التربة
Soil classification	تصنيف التربة

Soil extract	مستخلص التربة
Soil profile	مقد التربة
Soil reaction	درجة تفاعل التربة
Soil pH	الرقم الهيدروجيني للتربة
Soil genesis	نشوء التربة
Soil fertility evaluation	تقدير خصوبة التربة
Soil drainage	صرف التربة
Slow relase fertilizers	الاسمدة التي تحرر العناصر ببطء
Saline – Sodic soils	الترب الصودية الملحية
Sodic soils	الترب الصودية
Sand stone	الحجر الرملي
Selectiveion uptake	الامتصاص الانتقائي للعناصر الغذائية
Sedementary rocks	الصخور الرسوبية
Saline soils	الترب الملحية

T

Toxicity level	مستوى السمية
Trace element	العناصر الدقيقة
Transpiration	عملية النتح

W

Weathering	عمليات التجوية
Water tension	الشد المائي
White alkali soils	الترب القلوية البيضاء
Water erosion	التعرية المائية
Wind erosion	التعرية الريحية
Wilting point	نقطة الذبول
Water potential	الجهد المائي

Z

Zonal soils	الترب النطاقية

المصادر العربية

العاني ، محجن عزيز مصطفى ، ١٩٩٣ . دور التقنية الحياتية في نمو وانتاجية محصولي الحنطة وفول الصويا باستخدام فطريات المايكورايزا . اطروحة دكتوراه – كلية الزراعة والغابات ، جامعة الموصل .

الطائي ، فزع محمود محمد خلف ، ١٩٩٨ . دراسة فسلجية حول تأثير الملوحة في نمو فطريات المايكورايزا الحوصلية – الشجيرية ودورها في تغذية النبات . اطروحة دكتوراه – كلية الزراعة والغابات ، جامعة الموصل .

الخطيب ، مروان عبد المهدي محمود ، ١٩٩٧ . تعيين تركيز بعض المعادن الثقيلة الملوثة في مياه وتربة ونباتات مناطق سيل الزرقاء وسد الملك طلال ودير علا . اطروحة ماجستير – جامعة آل البيت ، الاردن .

ابو ضاحي ، يوسف محمد ، مؤيد احمد اليونس ، ١٩٨٨ . دليل تغذية النبات ، جامعة بغداد .

الامام ، نبيل محمد امين ، ١٩٩٨ . دراسة تأثير الرش بالحديد والزنك والسماد المركب (NPK) في نمو وحاصل صنفي العنب حلواني لبنان وكمال . اطروحة دكتوراه – جامعة بغداد .

القصاص ، شحاتة العزب وكاميليا ابراهيم احمد امين (١٩٩٥) . دراسة المقارنة بين التسميد الارضي والورقي لمركبات الزنك في كروم العنب . وقائع ندوة العناصر المغذية الصغرى الخامسة . القاهرة ، مصر .

النعيمي ، سعد الله نجم ، وفوزي محسن علي ، ١٩٩٠ . تأثير الشد المائي ، نسجة التربة والبوتاسيوم في النمو والتركيب المعدني لنباتي الذرة الصفراء وفول الصويا . المؤتمر العالمي لمكننة الزراعة الرابع – تركيا .

النعيمي ، سعد الله ، ورائدة اسماعيل عبد الله ١٩٨٧ . التلوث الصناعي للتربة والنبات بالعناصر الثقيلة . الندوة العلمية والتربوية السادسة لجامعة الموصل .

أمين ، فرهاد أحمد وعلي عبدالحسين وعبدالفتاح محمد عبدالوهاب ١٩٨٤ ، تأثير طرق ومواعيد اضافة السماد النيتروجيني على نمو وحاصل البنجر السكري . مجلة زانكو ، مجلد ٢ العدد ٤ ، الصفحة ١١١ – ١٢٥ .

التكريتي ، سهيلة عائد ١٩٨٣ ، تأثير كميات النيتروجين والفسفور على الحاصل ومكوناته وصفاته النوعية وبعض الصفات الحقلية لمحصول عباد الشمس . اطروحة ماجستير ، جامعة بغداد – كلية الزراعة .

الراوي ، احمد عبدالهادي وعلي محمد سعدالله ١٩٨٦ ، فقد النيتروجين بشكل امونيا ومع الرشح من سمادي اليوريا وكبريتات الامونيوم تحت ظروف الزراعة . خلاصات البحوث – المؤتمر العلمي الرابع لمجلس البحث العلمي .
الراوي ، جمال واتحاد توفيق ١٩٧٩ . تأثير تداخل الملوحة والرطوبة ونسجة التربة على نمو محصول الكتان . نشرة علمية رقم ١٤٣ ، مؤسسة البحث العلمي . معهد بحوث الموارد الطبيعية ، بغداد .
الزبيدي ، أحمد حيدر وعلي احمد عطيوي ومحمد رضا عبد الامين ١٩٨٦ . سلوكية وفقدان النيتروجين المعدني في الترب المستصلحة . خلاصات البحوث – المؤتمر العلمي الرابع لمجلس البحث العلمي .
السعيدي ، محمد عبد ١٩٧٨ . اساسيات انتاج المحاصيل الحقلية . الطبعة الأولى – دار الحرية للطباعة والنشر ، بغداد .
شابا ، كمال يعقوب وراجح عبدالصاحب البدراوي وبلقيس بشير كمال ومحمود عبدالفتاح ابراهيم ١٩٨٦ ، تأثير التسميد النيتروجيني والفوسفاتي على محصول الحنطة صنف صابربيك في منطقة محدودة الامطار . مجلة زانكو . المجلد ٤ العدد ٣ . الصفحة ٢١٥ – ٢٢٦ .
الشواربي ، محمد يوسف ١٩٦٢ . كيمياء الاسمدة وتغذية النبات وتسميد المحاصيل والخضراوات والفواكه والنباتات الطبية . مكتبة الانجلو المصرية – القاهرة .
العابدي ، جليل سباهي ويوسف علي حمدي ومحمد فكري فتحي عبدالجواد وسرباز برهان الجاف ١٩٧٨ استجابة الشعير لليوريا المغطاة بالكبريت . المؤسسة العامة للتربة واستصلاح الاراضي . دائرة البحث العلمي والتكنولوجي ، مركز بحوث الخصوبة والتسميد نشرة علمية رقم ٥٩ .
العاني ، حكيم صالح مهدي ١٩٨٣ . استجابة الذرة الصفراء للتسميد النيتروجيني ومسافات الزراعة . اطروحة ماجستير ، جامعة بغداد – كلية الزراعة .
خطاري ، سيد خليل ، ١٩٩٠ . المعادن الثقيلة في اراضي وادي الاردن الزراعية (الاغوار) . دراسات ٣ : ٣٥ – ٤٨ .
عبدالصاحب ، سامي جليل ١٩٨٠ . سلوك البوتاسيوم اثناء وبعد غسل الترب المتأثرة بالملوحة في العراق . اطروحة ماجستير ، جامعة بغداد – كلية الزراعة .
عبود ، اكرم ريشان ، وعماد ابراهيم السلطان ١٩٨٧ . التلوث البيئي الاحيائي المتسبب عن مجزر مدينة الموصل . الندوة العلمية والتربوية السادسة لجامعة الموصل .
علي ، علي حسين ١٩٨٣ . ظاهرة عدم الاخصاب في حنطة الخبز وتأثير بعض العمليات

الحقلية عليها في المنطقة الشمالية من العراق. اطروحة ماجستير، جامعة الموصل – كلية الزراعة والغابات.

علي، فوزي محسن ١٩٨٢. تأثير المحتوى الرطوبي للتربة والبوتاسيوم على النمو والتركيب الكيمياوي لنباتي الذرة الصفراء وفول الصويا. اطروحة ماجستير، جامعة الموصل – كلية الزراعة والغابات.

عيدان، رائد عباس ١٩٨٤. تثبيت البوتاسيوم في مفصولات التربة وعلاقته بالتكوين المعدني والكلس. اطروحة ماجستير، جامعة بغداد – كلية الزراعة.

الفخري، عبدالله قاسم ١٩٨١. الزراعة الجافة اسسها وعناصر استثمارها. مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

قاسم، ذباب احمد ١٩٨٢. تأثير عمق الزراعة وكمية التقاوي والاسمدة على انتاج الحنطة تحت الظروف الديمية في حمام العليل اطروحة ماجستير، جامعة الموصل – كلية الزراعة والغابات.

مرتضى، نبيل صدقي وحسون عزيز رمضان وعبدالحفيظ يونس لاشين ١٩٨٦. تأثير مستويات مختلفة من البورون على محصول الشعير. خلاصات البحوث – المؤتمر العلمي الرابع لمجلس البحث العلمي.

مينكل، ك وي. أ. كيربي ١٩٨٤. مبادئ تغذية النبات، ترجمة الدكتور سعدالله نجم النعيمي، مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

الهيئة العامة للتدريب والارشاد الزراعي ١٩٩٠. توصيات حول استعمال الاسمدة الكيمياوية، سلسلة الارشاد الزراعي.

ولي، صدرالدين بهاء الدين واحمد عبد الحسن محمد وعبداللطيف وهب خالد ١٩٨٥. تأثير التسميد النيتروجيني ومسافات الزراعة على نمو وحاصل الذرة الصفراء. مجلة زانكو، مجلد ٣ العدد ٣، الصفحة ١٠٩ – ١٢٣.

Al– Niemi, S.N. 1976. The effect of nitrapyrin, nitrogen stabilizer on wheat growth. M.S. Thesis, University of Missouri, Columbia, MO.

Al– Niemi, S.N. 1981. Soil moisture regimes and soil type effects on growth and water relation of soybean. Mesopotamia J. Agri. 16:189-201.

Al– Niemi, S.N. and G.W. Colliver. 1982. Cations uptake by NH_4- Fed and NO_3- Fed wheat plants Mesopotamia J. Agric. Vol. 17, NO. 1,:95-101.

Awad, M.M. and A.R. Atawia. 1995. Effect of foliar sprays with some micronutrients on Le– Conte pear tree. 1 : Tree growth and leaf mineral content. Annals Agric. Sci. 40 : 359 – 367.

Balba, A.N., and R.H. Bray. 1956. New field for the application of the mitscherlich eguation L. Aguantitative measure for the relative effectiveness of nutrients. Soil Sci. 82: 497-502.

Barber, S.A. 1962. A diffusion and mass- flow concept of soil nutrient availability. Soil Sci. 93:39-49.

Bartholomew, W.V., and F.E. Clark. 1965. Soil nitrogen. American Society of Agronomy, Inc., publisher, Madison, Wisconsin, USA.

Bear, E.F. 1950. Cation and anion relationships in plants and their bearing on crop guality. Agr.J. 42:176-178.

Bear, F. 1964. Chemistry of the soil. Second edition. Van Nostrand Reinhold Company, New York.

Bertrand, A.R., and H. Kohnke. 1957. Subsoil Conditions and their effects on oxygen supply and growth of corn root. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21:135-140.

Bennett, W.F. 1993. Nutrient deficiencies and toxicities in crop Plants. APS press.

Black, C.A., and O. Kempthorne. 1954. Willcoxs' Agrobiology. 1. Theory of the nitrogen constant 318. Agron. J. 46:303-307.

Black, C.A. 1968. Soil-plant relationship. John wiley and Sons, Inc. New York. London. Sydney.

Bonner, J. and J.E. Varner. 1976. plant biochemistry, Third ed. Academic press, Inc.

Bourget, S.J., and R.B. Garson. 1962. Effect of soil moisture stress on yield, water use efficiency and mineral composition of oat and alfalfa grown at two fertility levels. Cand. J. Soil Sci. 42:7-12.

Boyer, J.S. 1970 a. Differing sensitivity of photosynthesis to low leaf water potential in Corn and Soybean. Plant Physiol. 46:236-239.

Boyer, J.S. 1970 b. Leaf enlargment and metabolic rates in corn, Soybean and Sunflower at various leaf water potential. Plant Physiol. 46:233-235.

Brady, N.C. 1974. The nature and properties of soils. 8 th ed. Macmillan publishing Co., Inc. New York, Collier Macmillan publishers, London.

Bray, R.H. 1954. A nutrient mobility concept of soil plant relationship. Soi. 78-9-92.

Brown, J.R. and R. G. Hanson. 1977. Micro- and Secondary nutrients in Missouri. EC 929, Extension division UMC.

Brown, J.C. and V.D. Jolley. 1986. An evaluation of concepts related to iron – deficiency chlorosis. J. plant Nutr. 9 : 175 – 186.

Brown, J.C. 1978. mechanism of iron uptake by plants. plant Cell env. 1 : 249 – 257.

Buchner, A., and H. Sturm. 1971. Fertilizer application in intensive agriculture. (In principles of plant nutrition. 1978. K. Mengel and E.A. Kirkby. p. 201 International Potash Institute Berne, Switzerland).

Burleson, C.A., and H.C. Gunningham. 1963. Iron status and needs of southern region. Micronutrient. status and needs in the southern region. 9:3.

Cheng, Y.H. and C.C. Tu. 1987. Effect of resicular – arbuscular mycorrhizae on the absorption of Phosphorous, growth and yield in corn and soybean. Research Bulletin Taiwan.

Christy, C.M 1976. Nitrification inhibitors. Soils and crops comments from agronomy, University of Missouri- Columbia extension division.

Danielson, R.E., and M.B. Russel. 1957. Ion absorption by cron roots as influenced by moisture and aeration. Soil Sci. Soc. Amer proc. 21:3-6.

Decau, J., and B. Pujol. 1973. Comparative effects of irrigation and nitrogen fertilizer on the qualitative and quantitative production of different maize cultivars. Ann. Agron. 24:359-373.

Eck, H.V., and J.T. Musick. 1979 a. Plant water stress effects on irrigated grain sorghum. I. Effects on yield. Crop Sci. 19:589-592.

Eck, H.V., and J.T. Musick. 1979 b. Plant water stress effects on irrigated

grain sorghum. II. Effects on nutrient in plant tissues. Crop Sci. 19:592-598.

El – Kassas, S.E. and H.M.Mahmoud. 1989. Effect of iron application on some physiological responces of sultani fig cultivar on sandy calcareous and clay soils. Assiut J. Agric. Sci.. 20:23-41.

Epstein, E. 1971 Effect of soil temperature on mineral element composition and morphology of the potato plant. Agron. J. 63:664.

Farah, S.m. 1981. An examination of the effects of water stress on leaf growth of crops of field beans *(Vicia faba L.)*. J. Agric. Sci Camb. 96 : 337 – 346.

Fribourg, H.A., W.E. Bryan, G.M. Lessman, and D.M. Mannin. 1976. Nutrient uptake by Corn and grain Sorghum silage as affected by soil type, planting date and moisture regime. Agron. J. 68:260-263.

Gauch, H.G. 1972. Inorganic plant nutrition. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc. Stroudsburg, Pa.

Hannaway, D.B., L.P. Bush, and J.E. Leggett. 1980. plant nutrition: Magnesium and Hypomagnesemia in animals. University of Kentucky, Bulletin 716.

Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol. 24:519-570.

International minerals and chemical corporation. 1977. soil and plant sampling handbook. Mundelein, Illinois 60060.

Jadhav, N.S. and G.U. Malewlewer. 1980. Iron status of orchard soil Marathada. Soil and fertilizers. 43 : 1939.

Jones, U.S. 1979. Fertilizers and soil Fertility. Reston Publishing Company, Reston, Virginia, Aprentice-Hall Company.

Kemper, W.D., C.W. Robinson, and H.M. Golus. 1961. Growth rate of barley and Corn as affected by change in soil moisture stress. Soil Sci. 91:332-338.

Khasawneh, F.E., E.C. Sample, and E.J. Kamprath. 1980. The role of phosphorus in Agriculture. American Socity of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science society of America, Madison, Wisconsin, U.S.A.

Kilmer, V.J., S.E. Younts, and N.C. Brady. 1968. The role of potassium in a griculture. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, U.S.A.

Kirkby, E.A. 1968. Influence of ammonium and nitrate nutrition on the Cation- anion balance and nitrogen and Carbon rate metabolism of white mustard plants grown in dilute nutrient solution. Soil Sci. 105:133-141.

Landsberg, E.C. 1981. Organic acid synthesis and relase of hydrogen ions in response to Fe deficiency stress of mono and dicotyledonous plant species. J. plant Nutr. 3:579-591.

Landsberg, E.C. 1982. Transfer cell formation in the root epidermis: Aprerequisite for Fe-efficiency. J. Plant Nutr. 5:415-432.

Lutz, J.A., and G.D. Jones. 1974. Effect of irrigation and fertilization on yield and potassium content of Corn and available potassium contents of a davidson soil. Commun. Soil Sci. plant Anal. 5:67-79.

Machay, A.D. and S. A. Barbar. 1985. Soil moisture effects on root growth and phosphorus uptake by corn. Agron. J. 77 : 519 – 523.

Marschner, H. 1986. mineral nutrition of higher plants. Academic press.

Martin, J.H., W.H. Leonard, and D.L., Stamp 1976. Principles of field crop production. 3 rd ed. Macmillan publishing Co., Inc. New York, Collier Macmillan publishers, London.

Mengel, K., and E.A. Kirkby. 1978. principles of plant nutrition. First edition. International potash Institute Bern, Switzerland.

Mengel, K., and E.A. Kirkby. 1982. Principles of plant nutrition. Third edition. International potash Institute Bern, Switzerland.

Mitchell, R.L. 1970. Crop growth and culture. The Iowa atate University press Ames.

Mortvedt, J.J., P.M. Giordano, and W.L. Lindsay. 1972. Micronutrients in agriculture. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.

National plant food institute. 1962. Our land and its care. 1700 K street, N.W. washington 6, D.C.,U.S.A.

Olson, R.H., T.J. Army, J.J. Hanway, and V.J. Kilmer. 1971. Fertilizer technology and use. Second edition. Soil Science Society of America, Inc. Madison, USA.

Ramadan, H.A., S.N. Al – Niemi, and T.T. Hamdan. 1986. water stress, soil type and phosphorus effects on corn and soybean. II. Effects on nutrients in plant tissues Zanco, 1 : 79 – 88.

Rayn, J. S. Garbet, K. Harmsen, and A. Rashid. 1996. A soil and plant analysis manual adapted for the west Asia and North Africa region. ICARDA, Aleppo, Syria.

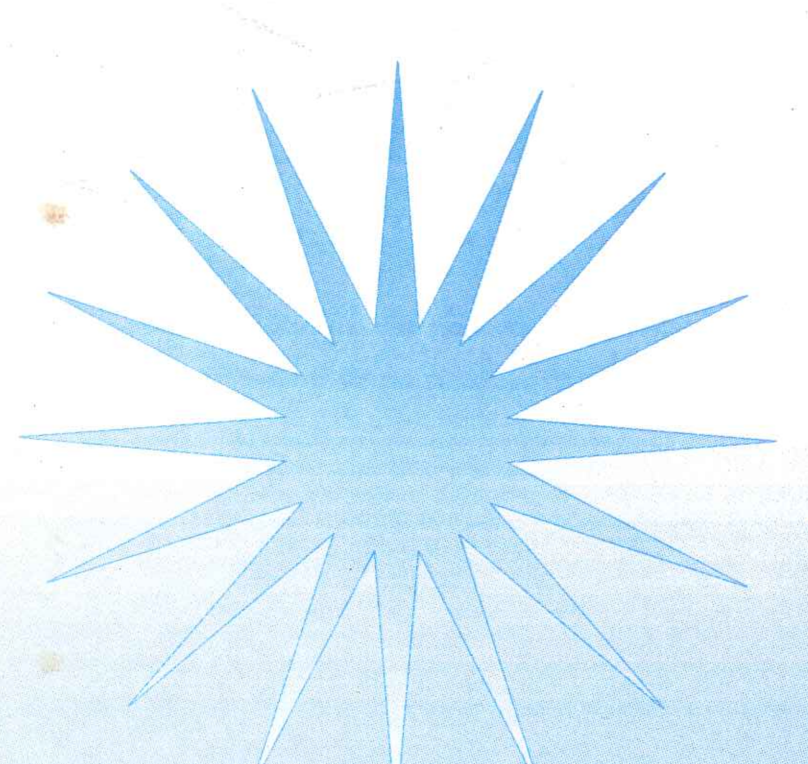
Saif, S.R. 1987. Growth response of tropical forage plant species to vesicular — arbuscular mycorrhizae. I. Growth, mineral uptake and mycorrhizal dependency. plant and soil 97: 25-35.
Scarsbrook, C.E., O.L., Bennett, and R.W. Pearson 1959. The Interaction of nitrogen and moisture on cotton yields and other characteristics. Agron J. 51:718.
Scott, H.D. and D.W. Brewer 1980. Translocation of nutrients in soybeans. soil sci. soc. Amer. J. 44 : 566—569.
Singh, S., and H.C. Sharma. 1980. Effect of profile soil moisture and phosphorus levels on the growth, yield and nutrient uptake by chickpea. Indian J. Agri. Sci. 50:943-947.

Tan, K.H. 1984. Principles of soil chemistry.
Terry, N. 1980. limiting factors in photosynthesis. I-Use of iron stress to control photochemical capacity in Vivo. Plant Physiol. 65:114-120.
Terry, N. and J. Abadia. 1986. Function of iron in chloroplast. J.Plant Nutr. 9:609-646.
Thompson, L.M., and F.R. Troeh. 1979. Soils and soil fertility. Fourth edition. Tata Mcgraw- Hill publishing Company LTD. New Delhi.
Tisdale, S.L., and W.L. Nelson. 1975. Soil fertility and fertilizers. Third edition. Macmillan Publishing CO., Inc., New York. Collier Macmillan publishers, London.
Turner, J.R. 1976. Boron in agriculture. plant foods department, united states borax and chemical Corporation. U.S.A.
Vanitallie, Th. B. 1938. Cation equilibria in plants in relation to the soil. Soil Sci. 46:175-186.
Wallace, A., J.T. Stephen, and F.E. Bear. 1948. Sodium content of some New Jersey plants. Soil Sci. 65:249-258.
Walsh, L.M., and J.D. Beaton. 1973. Soil testing and plant analysis. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
Weaver, J.E., and W.J. Himmel. 1930. Relation of increased water content and decreased areation to root development of hydrophytes. plant Physiol. 5:69-92.
Willcox, O.W. 1955. Agrobiologic percentage method of evaluating fertillzer tests. I. potash and tobacco. Soil Sci. 79:467-473.

٦٣١٫٨١
ن ٦٩٨ النعيمي ، سعدالله نجم عبدالله
الاسمدة وخصوبة التربة / تأليف سعدالله نجم عبدالله النعيمي ، ط٢ :
منقحة ومزيدة .– الموصل : جامعة الموصل ، ١٩٩٩ .
ص ؛ ٢٤ سم
١– الاسمدة أ– العنوان
م.و
١٩٩٩/٣٧٦

المكتبة الوطنية (الفهرسة اثناء النشر)
رقم الايداع في دار الكتب والوثائق ببغداد (٣٧٦) لسنة ١٩٩٩





الأسمدة وخصوبة التربة
الدكتور سعد الله نجم عبد الله النعيمي